

Brotos comestíveis: Qualidade nutricional, segurança microbiológica e potencial aplicação em novos produtos

Edible sprouts: Nutritional quality, microbiological safety and potential application in new products

Brotos comestibles: Calidad nutricional, seguridad microbiológica y potencial aplicación en nuevos productos

Recebido: 17/06/2022 | Revisado: 29/06/2022 | Aceito: 02/07/2022 | Publicado: 11/07/2022

Gabrielly Assunção Félix dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4363-667X>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: gabrielly.assuncao@unemat.br

Jakeline Dionizio Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5563-0873>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: jakeline.dionizio@unemat.br

Juliana Maria de Paula

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8390-0140>
Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: depaulajm@outlook.com

Camila de Souza Paglarini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0779-7193>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: camilaspaglarini@gmail.com

Sumaya Ferreira Guedes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1676-6030>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: sumayaguedes@unemat.br

Raquel Aparecida Loss

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6022-7552>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: raquelloss@unemat.br

Resumo

Os brotos comestíveis são uma boa fonte de nutrientes e consumidos há cerca de 5000 anos pelos povos do oriente, podendo ser obtido em poucos dias após a germinação, a qual demanda pouco espaço e insumos. Desta forma o presente trabalho buscou verificar os principais compostos bioativos presentes em diferentes tipos de brotos comestíveis, a influência da germinação no teor desses compostos, os principais organismos associados à contaminação por esses alimentos e sua potencial aplicação para o desenvolvimento de novos produtos. Para isso foi desenvolvida uma revisão bibliográfica integrativa, com artigos publicados nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar* e *Scielo*. Sendo identificado que os principais compostos bioativos nesses alimentos são os compostos fenólicos, glucosinolatos, vitamina (C, B, E e D), minerais (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} e Mn^{+2}) e o ácido aminobutírico. Os estudos que aplicaram tratamentos como eletificação pelo uso de ultrassom, ácido jasmônico (JA), soluções de NaCl e glicose, foi observado um aumento do teor dos compostos bioativos presentes nos brotos. Já em relação aos principais microrganismos associados à contaminação por esses alimentos são patogênicos como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, porém com aplicação de tratamentos físicos como branqueamento, ultrassom, resfriamento e irradiação, e a base de reagentes químicos como jasmonato de metila, ácido salicílico e tocoferol, se mostraram eficazes no controle desses microrganismos. Por fim, os brotos foram aplicados com o objetivo de enriquecer nutricionalmente os produtos como massas e bebidas.

Palavras-chave: Germinação; Compostos fenólicos; Microrganismos patogênicos; Desenvolvimento de novos produtos; Alimentos mais saudáveis.

Abstract

Edible sprouts are a good source of nutrients and have been consumed for about 5000 years by the people of the East, and can be obtained in a few days after germination, which requires little space and inputs. Thus, the present work

sought to verify the main bioactive compounds present in different types of edible sprouts, the influence of germination on the content of these compounds, the main organisms associated with contamination by these foods and their potential application for the development of new products. For this, an integrative literature review was developed, with articles published in the Web of Science, Scopus, Google Scholar and Scielo databases. It was identified that the main bioactive compounds in these foods are phenolic compounds, glucosinolates, vitamin (C, B, E and D), minerals (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} and Mn^{+2}) and aminobutyric acid. The studies that applied treatments such as ultrasound election, jasmonic acid (JA), NaCl and glucose solutions, an increase in the content of bioactive compounds present in the sprouts was observed. Regarding the main microorganisms associated with contamination by these foods, they are pathogens such as *Salmonella* spp., *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, but with the application of physical treatments such as bleaching, ultrasound, cooling and irradiation, and based on chemical reagents such as methyl jasmonate (JA), salicylic acid and tocopherol, proved to be effective in controlling these microorganisms. Finally, the sprouts were applied with the aim of nutritionally enriching products such as pasta and beverages.

Keywords: Germination; Phenolic compounds; Pathogenic microorganisms; Development of new products; Healthier foods.

Resumen

Los brotes comestibles son una buena fuente de nutrientes y se han consumido durante unos 5000 años por la gente de Oriente, y se pueden obtener pocos días después de la germinación, lo que requiere poco espacio e insumos. Así, el presente trabajo buscó verificar los principales compuestos bioactivos presentes en diferentes tipos de germinados comestibles, la influencia de la germinación en el contenido de estos compuestos, los principales organismos asociados a la contaminación por estos alimentos y su potencial aplicación para el desarrollo de nuevos productos. Para ello, se desarrolló una revisión integradora de literatura, con artículos publicados en las bases de datos *Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar* y *Scielo*. Se identificó que los principales compuestos bioactivos de estos alimentos son compuestos fenólicos, glucosinolatos, vitamina (C, B, E y D), minerales (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} y Mn^{+2}) y ácido aminobutírico. Los estudios que aplicaron tratamientos como elección de ultrasonido, ácido jasmónico (JA), NaCl y soluciones de glucosa, se observó un incremento en el contenido de compuestos bioactivos presentes en los germinados. En cuanto a los principales microorganismos asociados a la contaminación por estos alimentos, son patógenos como *Salmonella* spp., *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, pero con la aplicación de tratamientos físicos como blanqueo, ultrasonido, enfriamiento e irradiación, y a base de reactivos químicos como el jasmonato de metilo, el ácido salicílico y el tocoferol, demostraron ser efectivos en el control de estos microorganismos. Finalmente, los germinados se aplicaron con el objetivo de enriquecer nutricionalmente productos como pastas y bebidas.

Palabras clave: Germinación; Compuestos fenólicos; Microorganismos patógenos; Desarrollo de nuevos productos; Alimentos más saludables.

1. Introdução

A busca por praticidade e uma alimentação saudável faz com que o consumidor demande por alimentos de fácil preparo, nutritivos e que sejam melhores absorvidos pelo organismo, auxiliando na manutenção da saúde e bem estar dos indivíduos. Além disso, pesquisadores e organizações da saúde recomendam o consumo de alimentos ricos em compostos bioativos para dar suporte ao sistema imunológico humano contra infecções especialmente na era da crise pandêmica COVID-19 (Galanakis, 2020a; Galanakis, et al., 2020b). Nesse cenário, vem crescendo o interesse por diferentes produtos na classe dos vegetais que tem como principal característica serem consumidos sem estar totalmente desenvolvidos, como é o caso dos brotos comestíveis. Com isso apesar da produção de brotos não ser tão disseminada, é uma prática milenar nos países do oriente como China e Japão, e encontra-se expandindo em países ocidentais (Maia et al., 2020), esses vegetais tem uma maior disponibilidade de nutrientes e compostos bioativos decorrente do processo de germinação.

Os brotos comestíveis, embora pequenos no tamanho, são uma boa fonte de carboidratos, lipídeos e proteínas na sua forma mais simples, portanto são melhores absorvidos pelo organismo (Benincasa et al., 2019). Além disso, outros compostos podem ser afetados durante a germinação das sementes, como é o caso dos compostos fenólicos, vitaminas, carotenoides, minerais e glucosinolatos que possuem uma melhor sintetização pelas plantas na etapa de germinação (Gan et al., 2017b). Também podem apresentar redução de fatores antinutricionais como fitatos, taninos e oxalatos, bem como de inibidores das proteases e lectinas (Aguilera et al., 2013), o que ocasiona no aumento a bioacessibilidade dos minerais (Kumar & Gautam,

2019; Miyahira et al., 2021).

Nesse contexto há uma diversidade de brotos disponíveis, sendo os de feijão moyashi ou feijão mungo-verde, soja e alface os mais utilizados, no entanto, o consumo de outros tipos de brotos vem aumentando, como é o caso dos brotos de brócolis, rabanete, repolho, cebola, mostarda, aveia e trigo sarraceno (B. Liu et al., 2011; Nicola et al., 2013; Zhang et al., 2019). Esse aumento da variedade disponível no mercado é um resultado do alto teor de compostos benéficos à saúde e da fácil obtenção dos brotos, tratando-se de uma tecnologia de baixo custo, demandando pouco consumo de água e energia elétrica, dispensando o uso de defensivos agrícolas, bem como o uso intensivo de mão de obra (Gan et al., 2017b; Le et al., 2020).

Desta forma o processo de obtenção dos brotos se inicia pela germinação das sementes, onde uma nova planta é desenvolvida devido à ação de vários eventos biológicos que ocorrem desde quando as sementes são germinadas, até o surgimento da extensão da radícula que penetra as estruturas próximas. Para que a germinação ocorra são necessárias condições favoráveis para ativação das sementes, como disponibilidade de água, oxigênio, luz e temperatura adequada (Rasera & Castro, 2020).

Outra consideração importante é que as condições que os brotos são produzidos (temperatura, atividade da água, pH e nutrientes disponíveis) favorecem o crescimento de patógenos bacterianos como *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes* (Zhang et al., 2019) e assim o consumo de brotos in natura tem sido associado a ocorrência de diversos surtos alimentares (Harris et al., 2003). Portanto, embora o processo de germinação seja de fácil execução, algumas estratégias devem ser adotadas para prevenir o crescimento microbiano, como através das intervenções físicas, biológicas e químicas (Zhang et al., 2016). Em que, os métodos físicos incluem o uso de altas e baixas temperaturas, alta pressão e irradiação; enquanto as intervenções biológicas estão relacionadas a microrganismos antimicrobianos e metabólitos antimicrobianos. Nas intervenções químicas, desinfetantes e sanitizantes como ozônio e cloro, são usados, assim como água eletrolítica (Benincasa et al., 2019).

Já com relação às formas de consumo dos brotos, estas ainda estão mais restringidas à forma in natura em preparos culinários como saladas, sucos, refogados e sanduíches. Tal forma é preferida devido à manutenção das propriedades nutricionais e sensoriais do vegetal (Turner et al., 2020). No entanto, a vida útil dos brotos é muito curta de 13 a 15 dias nas temperaturas entre 0 a 5 °C, enquanto, que em temperaturas de 10 °C, os brotos ficam conservados por no máximo 6 dias, e assim seu consumo processado e/ou sua utilização para o desenvolvimento de novos alimentos pode contribuir para prolongar sua vida útil, desenvolver alimentos mais saudáveis, aumentar a variedade de produtos disponíveis no mercado e agregar valor ao produto final. Como vem acontecendo com os brotos sendo utilizados para o desenvolvimento de farinhas funcionais (Rico et al., 2020), massas (Merendino et al., 2014), bebidas (Beaulieu et al., 2020; Bochnak-Niedźwiecka et al., 2020; Sharma et al., 2014), brotos liofilizados como fonte de diamina oxidase (Comas-Basté et al., 2020), nata de coco (produto gelatinoso obtido pela fermentação da água de coco) (Sury et al., 2020) e produtos lácteos (Lee et al., 2013). Mas sua aplicação se expande para diversos produtos ainda não explorados, como os produtos à base de vegetais processados, produtos cárneos, alimentos funcionais, entre outros.

Algumas revisões relataram separadamente a qualidade nutricional (Abellán et al., 2019; Gan et al., 2017b; Liu et al., 2019), segurança microbiológica (Ding et al., 2013; Harris et al., 2003; Machado-Moreira et al., 2019) e a potencial aplicação dos brotos comestíveis na elaboração de alimentos mais saudáveis (Miyahira et al., 2021) e um estudo com essa abordagem completa atualizada está faltando na literatura.



























Deste modo, a presente revisão teve como objetivo abordar a qualidade nutricional de diferentes tipos de brotos comestíveis, investigar os fatores que afetam a segurança microbiológica desses alimentos e analisar a seu potencial aplicação para o desenvolvimento de novos produtos, envolvendo os aspectos sensoriais e de *shelf life*.

Brotos comestíveis: definição e desenvolvimento

No cenário atual tem-se utilizado diferentes termos referentes às plantas que não são totalmente desenvolvidas, até que a mesma atinja a fase adulta. Deste modo, torna-se importante compreender as principais características das sementes germinadas, brotos e *microgreens*, que são as formas mais estudadas. As sementes/grãos germinados, geralmente designados como uma semente com uma radícula visível (Peñas & Martínez-Villaluenga, 2020) representam o primeiro estágio após a germinação, ocorrendo entre 2 a 3 dias após a sementeira, onde o processo se inicia com a absorção da água e termina com o alongamento do eixo embrionário (Loures et al., 2009). Já os brotos, correspondem a um estágio mais avançado de desenvolvimento da semente germinada que crescem entre 2 a 7 dias, em que a mesma é estimulada pelo contato com o ar, a água e com o calor, resultando no crescimento, onde são formados o caule e as folhas, sendo colhidos quando os cotilédones ainda se encontram subdesenvolvidos e as folhas verdadeiras ainda não expandiram (Le et al., 2020), os quais são consumidos de forma integral, incluindo as sementes (Benincasa et al., 2019).

Enquanto as *microgreens* são verduras imaturas tenras produzidas a partir de sementes de vegetais, cereais e ervas, tendo duas folhas cotilédones totalmente desenvolvidas com ou sem o surgimento de um par rudimentar das primeiras folhas verdadeiras. Geralmente tem 2,5–7,6 cm de altura, colhidas 7–14 dias após a germinação, dependendo da espécie, e vendidos com o caule e cotilédones anexados (Xiao et al., 2012). Conforme apresentado na Figura 1, o desenvolvimento da planta pode variar de acordo com o tipo de vegetal em estudo, por exemplo, o surgimento das folhas verdadeiras ocorreu no sétimo e no nono dia para o almeirão e a rúcula, respectivamente. A partir dessa seção, iremos abordar apenas as principais características dos brotos.

Figura 1. Formação de brotos de chicória e rúcula por 12 dias a 25 (±2) °C.

Days after seeding	Chicory (<i>Cichorium intibus</i> L.)	Arugula (<i>Eruca sativa</i> Mill.)	Days after seeding	Chicory (<i>Cichorium intibus</i> L.)	Arugula (<i>Eruca sativa</i> Mill.)
0			7		
1			8		
2			9		
3			10		
4			11		
5			12		
6					

*The red arrows show the appearance of true leaves

Fonte: Autoria própria (2021).

Por definição, a germinação incorpora aqueles eventos que começam com a absorção de água pela semente seca quiescente e termina com o alongamento do eixo embrionário. A absorção de água por uma semente é trifásica; fase I captação inicial rápida; fase II fase de platô e na fase III maior aumento da absorção de água, no entanto, apenas quando ocorre a germinação. Os primeiros sinais de germinação são a retomada dos processos essenciais, incluindo a transcrição, tradução e reparo do DNA, seguidos de alongamento celular e, eventualmente, no momento da protrusão da radícula, a retomada da divisão celular. Fisicamente a germinação é um processo de dois estágios, onde a ruptura da testa é seguida pela ruptura do endosperma. Após a ruptura do endosperma micropilar pela radícula emergente, a germinação está completa (Bentsink & Koornneef, 2008).

Então antes de iniciar a germinação, as sementes são lavadas com água filtrada ou destilada, higienizadas (sanitização química ou física) com hipoclorito de sódio (5-10g/L) por um tempo de 15 min a 2 horas, enxaguadas e embebidas em água por cerca de 8-12 horas. Depois de embebidas, as sementes podem ser colocadas em germinadores ou incubadoras especiais para germinação. Assim diversos fatores devem ser considerados para a germinação das sementes, como a luz, a temperatura, a umidade, a rega e o tempo. Em que a germinação das sementes é comumente realizada no escuro e a temperatura de germinação geralmente é mantida entre 18-30 °C. As câmaras de germinação por sua vez, são de ambiente controlado com

ciclos de 12-16 h de luz com 60% de umidade relativa, temperatura do ar de 22-25 °C e 8-12 h de escuro com 80% de umidade relativa e 20 °C (Baenas et al., 2016; M.-M. Oh & Rajashekar, 2009).

Durante a brotação, as sementes devem ser regadas todos os dias para manter a umidade relativamente alta a fim de sustentar seu crescimento, e a água deve ser trocada frequentemente, como duas vezes ao dia, a fim de remover os metabólitos das sementes germinadas e inibir o crescimento de micróbios. Sendo que o tempo de germinação de cada broto depende da espécie em si, como por exemplo o broto de feijão comum que em cerca de 3-5 dias após a germinação é atingindo o comprimento adequado para o seu consumo, por outro lado temos os brotos de brócolis, rabanete, rúcula, almeirão e outros vegetais que demandam cerca de 7-12 dias de germinação para ficarem prontos para consumo.

Vale ressaltar que nas sementes germinadas as enzimas hidrolíticas são ativadas para hidrolisar os amidos, polissacarídeos não-amiláceos e proteínas, levando ao aumento do número de oligossacarídeos e aminoácidos nos brotos. Ou seja a decomposição dos polímeros de alto peso molecular durante a germinação leva à geração de substâncias biofuncionais e à melhoria das qualidades sensoriais como textura e sabor (Wu et al., 2013).

Uso de novas tecnologias na obtenção dos brotos comestíveis

Alguns tratamentos têm sido utilizados com objetivo de aumentar a taxa e energia de germinação de sementes, bem como promover o enraizamento e aumentar a área foliar das mudas; além disso, essas técnicas podem modificar as atividades de superóxido dismutase, peroxidase e atividades de enzimas catalase em plantas contribuindo para uma maior resistência/tolerância a vários estresses bióticos e abióticos e, assim, intensificar o rendimento biológico, como é o caso de tratamentos não térmicos de ultrassom (US), microondas (MW) e campos magnéticos (MF). Porém mais estudos na área são necessários para otimizar esses tratamentos e garantir respostas eficazes, pois, embora os tratamentos suaves possam ser usados para aumentar as atividades enzimáticas e o crescimento da cultura, os tratamentos de alta intensidade de US, MW e MFs em sementes e mudas podem causar ruptura celular e inativação enzimática (Wang et al., 2019).

O tratamento com microondas aumentou a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos além de melhorar a digestibilidade da proteína *in vitro* em brotos de sorgo (Hassan et al., 2019). Grãos de feijão que foram tratados com ultrassom antes da germinação, os autores observaram um aumento significativo no acúmulo de marcadores de estresse, levando a atividades elevadas de enzimas desencadeantes de fenólicos de defesa e acúmulo final de fenólicos, resultando em uma capacidade antioxidante com níveis significativos em comparação com o controle. Além disso, o tratamento com ultrassom reduziu o tempo de germinação em 60 h, quando comparado com o controle.

2. Metodologia

A pesquisa foi realizada através de uma revisão bibliográfica do tipo integrativa, a qual tem como principal finalidade sintetizar uma gama de trabalhos e estudos sobre um determinado tema, a fim de se ter uma melhor compreensão e entendimento de uma dada questão, isso por meio da busca em evidências disponíveis na literatura, aprofundando assim o conhecimento em relação à questão estudada (Costa, 2012; Mafetoni & Shimo, 2014; Pimentel, 2016). Desta forma, a revisão foi tratada de forma descritiva, assim como os dados obtidos pela pesquisa, com o intuito de analisar, observar e identificar os pontos mais importantes em relação ao tema, permitindo assim uma melhor síntese sobre a temática do trabalho (Kuabara, et al., 2014; Whittemore & Knafl, 2005), sendo a construção deste trabalho baseada no trabalho de Souza, et al. (2010) e Mendes, et al. (2008).

Para isso foram realizadas buscas de artigos científicos publicados entre os anos de 2010 a 2021 nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar* e *Scielo*. Esses mecanismos de pesquisa foram empregados para as seguintes palavras-chave isoladamente e em combinação: “*green sprouts*”, “*edible sprouts*”, “*sprouts*”, “*sprouted grains*”, “*bioactive*

compounds”, “*phytonutrients*”, “*glucosinalates*”, “*antioxidant*”, “*microbial contamination*”, “*outbreaks*”, “*new technologies*”, “*health benefits*”, “*sensory properties*”, “*food products*”.

3. Resultados e Discussão

3.1 Qualidade Nutricional dos Brotos comestíveis

As propriedades nutricionais dos brotos e sua relação com a saúde estão associadas à atividade biológica desempenhada por um determinado composto ou grupo de compostos em sua composição (Wojdyło et al., 2020). Pois, esses vegetais representam uma fonte valiosa de diversos macronutrientes (proteínas, baixo teor de carboidratos digeríveis e alto teor de fibra alimentar), micronutrientes (vitaminas, minerais, ácidos graxos essenciais e aminoácidos), e metabólitos secundários de plantas (ácido gama-aminobutírico (GABA), compostos fenólicos, melatonina e glucosinolatos (GLSs)). Assim, esses alimentos são um valioso veículo para compostos bioativos serem incorporados na dieta de forma regular (Abellán et al., 2019). Sendo que o teor desses compostos em brotos é influenciado pelo genótipo, estresse ambiental, condições de crescimento e métodos de armazenamento, processamento e cozimento. Na Tabela 1 são apresentados os principais compostos bioativos encontrados em diversos tipos brotos comestíveis e seus possíveis benefícios à saúde.

Tabela 1. Principais compostos bioativos e seus potenciais benefícios à saúde em vários brotos comestíveis frescos.

Broto comestível	Principais compostos bioativos	Tipo de estudo	Potencial benefício à saúde	Referência
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	<u>Metabólitos secundários</u> <ul style="list-style-type: none"> Melatonina Compostos fenólicos 	Efeito da ingestão do broto no organismo- <i>In vivo</i> (animais)	<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da qualidade do sono; Prevenção de doenças associadas ao estresse oxidativo (diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, distúrbios neurodegenerativos e câncer). 	(Aguilera et al., 2016)
Quinoa vermelha e amarela (<i>Chenopodium quinoa</i>)	<u>Metabólitos secundários</u> <ul style="list-style-type: none"> Carotenoides Saponinas Compostos fenólicos Antocianinas (quinoa vermelha) Flavonoides 	Efeito da ingestão do broto no organismo- <i>In vivo</i> (animais)	<ul style="list-style-type: none"> Redução dos efeitos adversos do estresse oxidativo induzido; Redução da glicose no sangue em jejum; Melhoria da inflamação do fígado; Melhoria do perfil sanguíneo (diminuição das LDL e VLDL e aumento das HDL). 	(Al-Qabba et al., 2020)
Lentilha (<i>Lens culinaris</i> L.)	<u>Proteínas</u> <u>Minerais</u> <ul style="list-style-type: none"> Zn⁺², Ca⁺² e Mn⁺² <u>Metabólitos secundários</u> <ul style="list-style-type: none"> Melatonina Compostos fenólicos 	Caracterização da amostra Efeito da ingestão do broto no organismo- <i>In vivo</i> (animais)	<ul style="list-style-type: none"> Maior digestibilidade; Melhor valor nutricional; Modular o estresse oxidativo plasmático; Defender o organismo do envelhecimento e doenças relacionadas. 	(Rebollo-Hernanz et al., 2020; Santos, Silva, Valente, Gruber, & Vasconcelos, 2020)
Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>)	<u>Vitaminas</u> <ul style="list-style-type: none"> Vitamina C (ácido ascórbico) <u>Metabólitos secundários</u> <ul style="list-style-type: none"> Compostos fenólicos (Ácidos fenólicos e Flavonoides); Glucosinolatos; Glucorafanina (sulforafano); Glucoerulina; Glucobrassicina. 	Caracterização da amostra	<ul style="list-style-type: none"> Reduz o risco de câncer Reduz distúrbios metabólicos como obesidade; Diminui os sintomas alérgicos nasais; Reduz inflamações; Aumenta a capacidade antioxidante; Reduz do risco de doenças degenerativas. 	(Baenas, García-Viguera, & Moreno, 2014; Pérez-Balibrea, Moreno, & García-Viguera, 2011a)
Couve (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>)	<u>Metabólitos secundários</u> <ul style="list-style-type: none"> Flavonoides Ácidos Fenólicos Glucosinolatos 	Caracterização da amostra	<ul style="list-style-type: none"> Reduz o risco de câncer; Diminui a diabetes; Reduz a incidência de doença cardíaca; Aumenta a capacidade antioxidante. 	(Abellán et al., 2019; Baenas, Moreno, & García-Viguera, 2012; Nicola et al., 2013)

Rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.)	<p><u>Vitaminas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vitamina B₁ (tiamina) • Vitamina B₂ (riboflavina) <p><u>Fibra Alimentar</u></p> <p><u>Minerais</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca⁺², Mg⁺², Cu⁺², Mn⁺², Fe⁺², Zn⁺² <p><u>Metabólitos secundários</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compostos fenólicos Flavonoides Ácidos fenólicos • Glucosinolatos Isotiocianatos 		<ul style="list-style-type: none"> • Melhor valor nutricional; • Funcionamento intestinal adequado; • Retardo na absorção de glicose; • Diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo; • Proteção contra o câncer de intestino. 	(Abellán et al., 2019; Baenas, Gómez-Jodar, Moreno, García-Viguera, & Periago, 2017)
Repolho (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>)	<p><u>Minerais</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca⁺², K⁺, Mg⁺², Na⁺, P⁻³ e S⁻² <p><u>Metabólitos secundários</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compostos fenólicos ((Flavonóis e Antocianinas) (repolho vermelho)); • Derivados de ácido sinápico; • Derivados de ácido clorogênico; • Glucosinolatos; • Glucorafanina; • Glucoiberina; • Progoitrina. 	Caracterização da amostra	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor perfil nutricional; • Proteção contra carcinogênicos; • Proteção contra oxidantes; 	(Hassini, Baenas, Moreno, Carvajal, Boughanmi & Martínez Ballesta, 2017)
Rúcula (<i>Eruca sativa</i> Mill.)	<p><u>Vitaminas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vitamina C (ácido ascórbico). <p><u>Metabólitos secundários</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compostos fenólicos (Flavonoides (kaempferol)); • Glucosinolatos; • Glucorafanina; • Glucoerucina. 	Caracterização da amostra	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz o risco de câncer; • Aumenta a capacidade antioxidante. 	(Ragusa, Picchi, Tribulato, Cavallaro, Lo Scalzo & Branca 2017)

LDL- lipoproteínas de baixa densidade; VLDL- lipoproteínas de baixíssima densidade; HDL- lipoproteínas de alta densidade. Fonte: Autores.

3.2 Macronutrientes e micronutrientes

A composição química de diferentes brotos foi determinada em estudos anteriores conforme apresentado na Tabela 2. Cabe ressaltar que os resultados são dependentes da espécie em estudo, estágio de crescimento do broto e condições de germinação, que podem variar muito entre os experimentos. Em geral, esses alimentos contêm alto teor de umidade (até 96%), o que os torna muito perecíveis, no entanto dados de atividade de água não foram encontrados. O alto teor de proteínas e carboidratos não digeríveis desses vegetais não totalmente desenvolvidos faz deles um interessante ingrediente para a elaboração de alimentos mais saudáveis.

O teor total de fibra alimentar em brotos comestíveis, incluindo as formas solúvel e insolúvel, é maior do que nas sementes. A proporção de fibra insolúvel em solúvel foi cerca de duas vezes maior nos brotos de rabanete, quatro vezes maior em brotos de colza e seis e nove vezes maior em brotos de rabanete e mostarda branca, respectivamente (Zieliński et al., 2005).

Tabela 2. Composição química (% p/p) de diferentes tipos de brotos.

Brotos	Condições de Germinação	Umidade (b.u.)	Proteínas (b.s.)	Lipídeos (b.s.)	Cinzas (b.s.)	Carboidratos (b.s.)	Fibra dietética (b.s.)	pH	Aw	Referência
Amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>)	37 °C, 48 h	70,7	16,0	nd	3,5	nd	17,0	nd	nd	(Aphalo, Martínez, & Añón, 2015)
Aspargos selvagens (<i>Asparagus acutifolius</i>)	-	84,6	22,4	4,0	12,3	61,3	nd	nd	nd	(Martins, Barros, Carvalho, & Ferreira, 2011)
Bryony branco (<i>Bryonia dioica</i>)	-	82,9	16,6	15,1	8,8	59,5	nd	nd	nd	(Martins et al., 2011)
Bryony preto (<i>Tamus communis</i>)	-	83,3	19,1	3,0	8,6	69,3	nd	nd	nd	(Martins et al., 2011)
Feijão guandu anão (<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp)	25-30 °C, 6 dias	82,1	36,7	2,3	4,2	nd	21,5	nd	nd	(Machado, Barcelos, Teixeira, & Nogueira, 2009)
Feijão mungo preto (<i>Vigna mungo</i>)	25-30 °C, 6 dias	91,6	39,1	1,6	3,6	nd	20,1	nd	nd	(Machado et al., 2009)
Feijão mungo verde (<i>Vigna radiata</i>)	26 °C, 16 h	58-90,9	40,2-41,0	2,2-4,3	3,7-4,3	51	9,6-20,6	5,3	nd	(Kumar & Gautam, 2019; Machado et al., 2009; Wojdyło et al., 2020)
Trevo vermelho (<i>Trifolium pretense</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	nd	38,9	9,3	4,4	31,8	15,6	nd	nd	(Butkutė, Taujenis, & Norkevičienė, 2018)
Trevo (<i>Trifolium medium</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	nd	39,8	6,6	5,0	33,3	15,3	nd	nd	(Butkutė et al., 2018)
Alfalfa/lucerne (<i>Medicago sativa</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm 26 °C, 16 h 18 °C, 7 dias	67-93,9	42,8-53,0	8,9-22,0	4,6	26,0-29,7	2,5- 14,0	nd	nd	(Butkutė et al., 2018; Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010; Kumar & Gautam, 2019)
Luzerna preta (<i>Medicago lupulina</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm Brotos comprados	93,8	42,6	5,1	4,4-6,4	34,0	13,9	5,6		(Butkutė et al., 2018; Wojdyło et al., 2020)
Sanfeno (<i>Onobrychis viciifolia</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3	nd	45,2	5,6	5,3	32,5	11,4	nd	nd	(Butkutė et al., 2018)

cm										
Alcaçuz (<i>Astragalus glycyphyllos</i>)	23–24 °C até os brotos atingirem 1,5–3 cm	nd	37,0	3,9	4,2	37,6	17,2	nd	nd	(Butkutè et al., 2018)
Cicer milkvetch (<i>Astragalus cicer</i>)	23–24 °C até os brotos atingirem 1,5–3 cm	nd	40,3	4,1	5,3	35,3	15,0	nd	nd	(Butkutè et al., 2018)
Rabanete (<i>Raphanus sativus</i>)	18 °C, 7 dias Brotos comprados	84,2-85,4	nd	nd	4,8	nd	nd	5,3	nd	(Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010; Wojdyło et al., 2020)
Lentilha (<i>Lens culinaris</i>)	Brotos comprados	92	nd	nd	2,8	nd	nd	6,6	nd	(Wojdyło et al., 2020)
Brocolis (<i>Brassica oleracea var. italica</i>)	18 °C, 7 dias Brotos comprados	91,4-92,8	nd	nd	4,4	nd	nd	5,5	nd	(Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010; Wojdyło et al., 2020)
Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	18 °C, 7 dias Brotos comprados	82,4-93,1	nd	nd	3,8	nd	nd	5,5	nd	(Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010; Wojdyło et al., 2020)
Alho poró (<i>Allium porrum</i>)	Brotos comprados	95,3	nd	nd	5,8	nd	nd	5,6	nd	(Wojdyło et al., 2020)
Beterraba (<i>Beta vulgaris</i>)	Brotos comprados	95,9	nd	nd	10,1	nd	nd	6,4	nd	(Wojdyło et al., 2020)
Couve (<i>Brassica oleracea</i>)	Brotos comprados	92,0	nd	nd	26,8	nd	nd	6,2	nd	(Wojdyło et al., 2020)
Sésamo (<i>Sesamum indicum</i> L.)	25 °C, 5 dias	nd	23,1	20,0	nd	nd	nd	nd	nd	(B. Liu et al., 2011)
Soja (<i>Glycine max</i>)	18 °C, 7 dias 25 °C, 4 dias	74,9	46,7	20,6	nd	nd	0,61	nd	nd	(Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010; Sun, Zhang, Fan, He, & Mao, 2018)
Moringa (<i>Moringa oleifera</i> L.)	28 °C, 60 h		30,6	31,9	3,1	29,2	29,7	nd	nd	(Coello, Frias, Martínez-Villaluenga, Cartea, Abilleira & Peñas, 2020)
Grão de bico (<i>Cicer arietinum</i>)	26 °C, 45 h	56	31,0	10,0		53,0	16,0	nd	nd	(Kumar & Gautam, 2019)
Mustarda (<i>Brassica juncea</i>)	18 °C, 7 dias	94,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	(Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010)
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	18 °C, 7 dias	86,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	(Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010)

nd: não determinado; b.u.: base úmida; b.s.: base seca. Fonte: Autores.

O processo de germinação pode contribuir para o aumento do teor de ácidos graxos essenciais como o ácido linolênico (C18:3) e pode aumentar até 11 vezes a quantidade total de aminoácidos livres (B. Liu et al., 2011). Durante a germinação existe uma tendência de degradação de proteínas de alto peso molecular para proteínas de baixo peso molecular e outras moléculas pequenas, que são mais facilmente absorvidas pelo nosso organismo (Sun et al., 2018). Os brotos também são ricos em minerais como fósforo (P^{-3}), cálcio (Ca^{+2}), ferro (Fe^{+2}), potássio (K^{+}), sódio (Na^{+}), magnésio (Mg^{+2}) e zinco (Zn^{+2}) (Reitznerová et al., 2017) conforme apresentado na Tabela 3.

Em que a quantidade de minerais pode variar consideravelmente em brotos de uma mesma leguminosa, mas de variedades diferentes. Santos et al. (2020) avaliaram o perfil mineral em brotos de 12 variedades de lentilhas e encontraram variação de 34-64, 36-51, 10-25, 891-1247, 668-1156, 10,023- 13,154 $\mu\text{g/g}$ para os teores de ferro, zinco, manganês, magnésio, cálcio e potássio, respectivamente. Além disso, tratamentos como o *seed priming* pode afetar a quantidade de minerais nos brotos, conforme foi encontrado por Hassini et al. (2017) ao avaliarem o efeito do KCl priming em brotos de repolho. Foi observado um aumento significativo nos teores de K dos brotos após o *seed priming*, no entanto os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , P^{-3} e S^{-2} diminuíram nas amostras.

Já as sementes de couve, couve-rábano e amaranto, quando fortificadas com selênio geraram brotos com maiores teores desse micronutriente, quando comparados com brotos de sementes não fortificadas, o que demonstra ser uma boa estratégia para aumentar a quantidade desse elemento traço essencial na nutrição diária (Pasko et al., 2015; Zagrodzki et al., 2020), podendo ser aplicado essa mesma técnica com o objetivo de aumentar o teor de um mineral ou minerais.

É de conhecimento de todos que as vitaminas também são muito importantes para a manutenção da saúde e a germinação pode ter efeito positivo ou negativo na sua concentração. Em seu estudo Zieliński et al., 2005, observou que o teor de tiamina foi reduzido após 4 dias de germinação a 25 °C em brotos de rabanete, colza e mostarda enquanto a quantidade de riboflavina aumentou.

Enquanto os brotos de brócolis e rúcula são fonte de ácido ascórbico (Ragusa et al., 2017) e o tratamento com brassinosteróides (uma classe de polihidroxisteróides vegetais) na concentração adequada em brotos de brócolis pode aumentar o teor dessa vitamina tanto em condição normal quanto sob estresse salino (Guo, Hou, Yuan, Zhao, & Wang, 2014). Assim como o estresse osmótico induzido por NaCl e glicose também aumentou o teor de ácido ascórbico em brotos de feijão mungo (Koodkaew, 2019). Ressaltando que o aumento no conteúdo de ácido ascórbico durante a germinação é atribuído ao aumento na atividade de GLDH, que é uma enzima chave na biossíntese de ácido ascórbico e catalisa a oxidação de L-galactono-1,4-lactona em ácido ascórbico (Xu et al., 2005).

Tabela 3. Teor mineral (mg/100g MS) de vários brotos comestíveis.

Brotos	Condições de germinação	P	Ca	Fe	K	Mg	Na	Zn	Referência
Feijão guandu anão (<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp)	25-30 °C, 6 dias	383,33	140,00	5,64	1464,17	nd	15,56	nd	(Machado et al., 2009)
Feijão mungo preto (<i>Vigna mungo</i> (L.) Hepper)	25-30 °C, 6 dias	510,00	141,67	7,17	1223,33	nd	22,27	nd	(Machado et al., 2009)
Feijão mungo verde (<i>Vigna radiata</i> (L.) R. Wilczek)	25-30 °C, 6 dias	590,00	140,00	5,58	1314,44	nd	17,03	nd	(Machado et al., 2009)
Trevo vermelho (<i>Trifolium pretense</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	689,00	352,00	16,40	1000,00	437,00	nd	20,10	(Butkutė et al., 2018)
Trevo (<i>Trifolium medium</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	729,00	330,00	21,30	1520,00	374,00	nd	20,30	(Butkutė et al., 2018)
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm 5 dias, 20°/15°C (dia/noite)	764-858	96-555	5-16,6	1129-1310	217-319	78	9,7-11,8	(Butkutė et al., 2018; Park et al., 2014)
Luzerna preta (<i>Medicago lupulina</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	717,00	671,00	13,90	1220,00	307,00	nd	16,20	(Butkutė et al., 2018)
Sanfeno (<i>Onobrychis viciifolia</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	790,00	631,00	13,40	1670,00	227,00	nd	13,60	(Butkutė et al., 2018)
Alcaçuz (<i>Astragalus glycyphyllos</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	603,00	580,00	34,50	1400,00	284,00	nd	11,40	(Butkutė et al., 2018)
Cicer milkvetch (<i>Astragalus cicer</i>)	23-24 °C até os brotos atingirem 1,5-3 cm	746,00	584,00	17,10	1480,00	246,00	nd	9,50	(Butkutė et al., 2018)
Rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.)	4 dias, 25 °C	nd	375,00	7,63	nd	316,00	nd	5,74	(Zieliński et al., 2005)
Mostarda branca (<i>Sinapis alba</i> L.)	4 dias, 25 °C	nd	641,00	12,11	nd	379,00	nd	8,20	(Zieliński et al., 2005)
Colza (<i>B.napus var. oleifera</i>)	4 dias, 25 °C	nd	479,00	7,58	nd	334,00	nd	5,83	(Zieliński et al., 2005)
Repolho roxo (<i>B. oleracea var. capitata</i>)	10 dias, 20-25 °C	658,00	466,00	nd	589,00	261,00	103,00	nd	(Hassini et al., 2017)
Repolho branco (<i>B. oleracea var. capitata</i>)	10 dias, 20-25 °C	1113,00	751,00	nd	754,00	252,00	126,00	nd	(Hassini et al., 2017)

Fonte: Autores.

3.3 Metabólitos secundários

Como já mencionado o processo de germinação tem sido utilizado como uma estratégia eficaz e sustentável que auxilia na capacidade antioxidante de leguminosas, em razão do aumento das concentrações de compostos bioativos que apresentam tal função (Rebollo-Hernanz et al., 2020), como os compostos fenólicos, glucosinalatos, ácido gama-aminobutírico (GABA) e a melatonina.

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos, são metabólitos secundários importantes produzidos em plantas, possuem pelo menos um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxila e podem ser divididos de acordo com sua estrutura química em flavonoides (incluindo flavonas, flavanóis, flavonóis, flavanonas, isoflavonas e antocianinas), ácidos fenólicos (incluindo derivados do ácido hidroxibenzoico e hidroxicinâmico), taninos, estilbenos, cumarinas e lignanos (Liu et al., 2019). São micronutrientes substanciais presentes na dieta humana, e tem sido relatado especialmente devido sua capacidade antioxidante, que neutraliza a ação dos radicais livres, incluindo também outros benefícios como capacidade antialérgicas, anticâncer, anti-inflamatórias, antidiarreicas, antivirais, antiúlcera, moluscicida, anti-helmínticas, anti-hepáticas e antiproliferativas (H. K. Liu et al., 2016).

Além disso, no reino vegetal, os polifenóis existem principalmente em formas solúveis ou ligadas, sendo que em sementes comestíveis eles estão mais presentes na forma ligada. A germinação pode alterar o nível de fenólicos totais em brotos comestíveis, ao mesmo tempo em que tem um impacto distinto em seus fenólicos solúveis e ligados (Gan et al., 2017a).

Na Tabela 4 pode ser observado o teor de compostos fenólicos de brotos mais conhecidos, como os brotos de alfafa, brócolis, rabanete, feijão mungo verde e preto, repolho nas variações vermelho, roxo e branco, mostarda branca e agrião, além dos brotos mais regionais como o *Buck's beard*, nativo da Itália e cardo leiteiro nativo de Israel. É notável a variação das condições de estudo, como a brotação geralmente envolvendo choques abióticos com o objetivo de aumentar a concentração de compostos fenólicos nos brotos, assim como o período de germinação das sementes até a obtenção dos brotos variando de 3 a 14 dias, sendo que 5 e 6 dias, foram os tempos mais utilizados para produção dos mesmos, tendo a faixa de temperatura 10 a 35 °C, como as mais adotadas para germinação das sementes.

Tabela 4. Compostos fenólicos em brotos comestíveis.

Broto comestível	Condições de germinação	Tratamento	Principais compostos fenólicos identificados	Principais resultados	Referências
-Trigo sarraceno comum (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench) -Trigo sarraceno tartário (<i>Fagopyrum tataricum</i> Gaertn.)	10 dias, 25°C, UR 60%	-	Ácido clorogênico: 1,0-3,4 mg/g D.W. Flavonoides Orientina: 0,2-7,0 mg/g D.W. Isorientina: 0,1-7,9 mg/g D.W. Vitexina: 0,5-4,2 mg/g D.W. Isovitexina: 0,5-5,8 mg/g D.W. Quercetina: 0,1-0,3 mg/g D.W. Rutina: 3,5-42,3 mg/g D.W.	O teor de compostos fenólicos aumentou linearmente durante o crescimento da planta.	(S. J. Kim et al., 2008; S.-J. Kim et al., 2007)
-Cardo leiteiro (<i>Silybum marianum</i> L.)	12 dias, 26 °C	-	Conteúdo fenólico total: Semente branca: 0,75 mg CAT/g F.W. Semente marrom: 0,58 mg CAT/g F.W. Semente estriada: 0,82 mg CAT/g F.W. Semente preta: 0,90 mg CAT/g F.W.	A cor do tegumento, as condições de luz e a cor da inflorescência afetaram o teor de polifenóis.	(Vaknin et al., 2008)
-Alfafa (<i>Medicago sativa</i> L.) -Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> L.) -Rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.)	7 dias, 22°/20°C (dia/noite)	Choques ambientais com alta intensidade de luz e frio	Conteúdo fenólico total: Alfafa: ~0,16 mg GAE/g F.W. Brócolis: ~0,40 mg GAE/g F.W. Rabanete: ~0,30 mg GAE/g F.W.	Brotos com três dias germinação de todas as espécies apresentaram o maior teor de fenólicos totais, que diminuiu rapidamente com o tempo de crescimento. Os choques ambientais aumentaram o conteúdo fenólico total e os níveis de muitos compostos fenólicos individuais nos brotos.	(M.-M. Oh & Rajashekar, 2009)
-Feijão mungo (<i>Vigna radiata</i> L. Wilczek) -Alfafa (<i>Medicago sativa</i>) -Fava (<i>Vicia faba</i>) -Feno-grego (<i>Trigonella foenum-graecum</i>) -Mostarda (<i>Brassica juncea</i>) -Trigo (<i>Triticum aestivum</i>) Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> 'Decicco') -Girassol (<i>Helianthus annuus</i>) -Soja (<i>Glycine max</i> 'Butterbeans') -Rabanete (<i>Raphanus sativus</i>) -Couve (<i>Brassica napus pabularia</i> 'Red Russian') -Lentilha verde (<i>Lens esculenta</i>) -Cebola (<i>Allium cepa</i>)	7 dias, 18°C	-	Conteúdo fenólico total: Feijão mungo: ~210 mg CAE/100g F.W. Alfafa: ~110 mg CAE/100g F.W. Fava: ~400 mg CAE/100g F.W. Feno-grego: ~140 mg CAE/100g F.W. Mostarda: ~320 mg CAE/100g F.W. Trigo: ~120 mg CAE/100g F.W. Brócolis: ~240 mg CAE/100g F.W. Girassol: ~540 mg CAE/100g F.W. Soja: ~160 mg CAE/100g F.W. Rabanete: ~300 mg CAE/100g F.W. Couve: ~300 mg CAE/100g F.W. Lentilha verde: ~130 mg CAE/100g F.W. Cebola: ~200 mg CAE/100g F.W.	O feijão mungo foi a semente com maior aumento de fenólicos, uma vez que ~95% dos fenólicos totais foram sintetizados após embebição e durante o crescimento 7d. Os fenólicos acumulados mostraram a distribuição de tendência geral de 7d brotos > sementes dormentes > sementes embebidas.	(Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010)
-Lentilha (<i>Lens culinaris</i> L.)	7 dias, 20°C, UR 99%	-	Taninos: Dímero de procianidina galato: 5,1 µg/g	Desde o início da germinação os teores de proantocianidinas, catequina glicosídeo e hidroxycinamatos diminuíram significativamente.	(Troszyńska et al., 2011)

			<p>Flavonoides: Galato de catequina: 71,9 µg/g Quercetina diglicosídeo: 33,4 µg/g Kaempferol glicosídeo acilado: 290 µg/g</p>	<p>O galato de catequina e quatro formas de glicosídeos de kaempferol foram altamente relacionados positivamente com os atributos sensoriais de gosto de ervilha, gosto amargo, sabor residual e sensação adstringente. A intensidade desses descritores sensoriais foi maior após sete dias de germinação.</p>
<p>-Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>) 8 dias, 25°/20°C -Couve-rábano (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongylodes</i>) (dia/noite), UR 60% durante o dia e UR 80% durante a noite. - Repolho red (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>) - Couve-nabo (<i>B. napus</i> L. var. <i>napobrassica</i>) - Turnip greens ('Globo Blanco') - Nabo (<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>rapa</i>) -Rabanete (<i>R. sativus</i> L.) -Agrião de jardim (<i>L. sativum</i>) -Mostarda branca (<i>S. alba</i>)</p>	-	<p>Conteúdo fenólico total: Brócolis: 832,16 mg/100g F.W. Couve-rábano: 823,58 mg/100g F.W. Repolho red: 1309,29 mg/100g F.W. Couve-nabo: 828,50 mg/100g F.W. Turnip greens: 743,59 mg/100g F.W. Nabo: 1236,41 mg/100g F.W. Rabanete: 1076,42 mg/100g F.W. Agrião de jardim: 507,24 mg/100g F.W. Mostarda branca: 779,25 mg/100g F.W.</p>	<p>As principais classes de compostos fenólicos encontrados em crucíferas foram flavonóis (principalmente quercetina e kaempferol, mas também isorhamnetina em algumas espécies) e ácidos hidroxicinâmicos (especificamente ácido sinápico e derivados do ácido clorogênico). Apenas a mostarda branca apresentou maior teor de compostos fenólicos nos brotos em relação às sementes.</p> <p>(Baenas et al., 2012)</p>	
<p>-Feijão mungo (<i>Vigna radiata</i> L. Wilczek) 5 dias, 22 °C -Rabanete (<i>R. sativus</i> L.var. 'Flamboyant 2') -Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.) -Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> 'Ramoso Calabrese')</p>	-	<p>Conteúdo fenólico total: Feijão mungo: ~ 3,4 mg GAE/g D. W. Rabanete: ~ 12,8 mg GAE/g D. W. Girassol: ~ 9,0 mg GAE/g D. W. Brócolis: ~ 7,5 mg GAE/g D. W.</p> <p>Conteúdo de flavonoides: Feijão mungo: 13,7 mg QE/g D. W. Rabanete: 34,8 mg QE/g D. W. Girassol: 45,6 mg QE/g D. W. Brócolis: 37,1 mg QE/g D. W.</p>	<p>A germinação aumentou o conteúdo fenólico total da maioria das sementes na ordem: feijão mungo (841%) > girassol (232%) > rabanete (206%) > brócolis (68%).</p> <p>Entre os ácidos fenólicos livres, os ácidos cafeico, clorogênico e gálico ocorreram em maior quantidade nos brotos. Os flavonoides livres quercetina, kaempferol, luteolina e apigenina foram identificados nos brotos.</p> <p>A quantidade de ácidos fenólicos totais ligados aumentou após a germinação apenas para feijão mungo e girassol.</p> <p>(Pająk, Socha, Gałkowska, Rożnowski, & Fortuna, 2014)</p>	
<p>-Buck's beard (<i>Aruncus diocus</i> (Walter) Fernald) 3, 5 e dias</p>	-	<p>Conteúdo fenólico total: 3 dias: 28,53 mg /g 5 dias: 31,34 mg /g 9 dias: 28,63 mg /g</p>	<p>Vinte e quatro polifenóis foram detectados e identificados ou parcialmente identificados. Derivados de cafeoil glicose foram reconhecidos como compostos dominantes em brotos.</p> <p>O teor de prunasina (composto cianogênico) aumenta significativamente durante o desenvolvimento da planta.</p> <p>(Fusani et al., 2016)</p>	

<p>-Repolho vermelho (<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>) -Repolho branco (<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>)</p>	<p>10 dias, 25°/20°C (dia/noite), com UR 60% dia e 80% noite</p>	<p>Priming de sementes com KCl e pulverização exógena de metil jasmonato (MeJA) e alta salinidade durante o crescimento dos brotos.</p>	<p>Conteúdo fenólico total Repolho vermelho (controle): ~ 1,8 g/kg F.W. Repolho vermelho (KCl priming): ~ 0,1 g/kg F.W. Repolho vermelho (MeJA): ~ 1,6 g/kg F.W. Repolho vermelho (NaCl): ~ 1,2 g/kg F.W. Repolho branco (controle): ~ 0,8 g/kg F.W. Repolho branco (KCl priming): ~ 0,7 g/kg F.W. Repolho branco (MeJA): ~ 0,6 g/kg F.W. Repolho branco (NaCl): ~ 0,5 g/kg F.W.</p>	<p>As antocianinas foram os flavonoides mais abundantes detectados nos brotos de repolho roxo. O condicionamento de sementes com KCl causou redução significativa de antocianinas (95%) e derivados de ácido sinápico (94%) em brotos de repolho roxo. Portanto, o condicionamento de sementes aumenta o teor de flavonóis em 89% nas variedades de repolho branco e roxo. Os brotos de repolho roxo foram mais ricos do que os brancos em acúmulo de antocianinas. Elicitação com MeJA aprimorada alguns compostos fenólicos individuais nas duas variedades de repolho.</p>	<p>(Hassini et al., 2017)</p>
<p>- Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> L. var <i>italica</i>) -Rabanete (<i>Raphanus sativus</i> cv. Rambo).</p>	<p>8 dias, 25°/20°C (dia/noite), UR 60% durante o dia e UR 80%) durante a noite.</p>	<p>Pulverização exógena de metil jasmonato (MeJA)</p>	<p>Conteúdo fenólico total: Brócolis (dia 0): ~ 1,8 g SA/kg F.W. Brócolis (dia 14, 5 °C): ~ 0,9 g SA/kg F.W. Brócolis (dia 14, 10 °C): ~ 0,5 g SA/kg F.W. Rabanete vermelho (dia 0): ~ 1,3 g SA/kg F.W. Rabanete vermelho (dia 14, 5 °C): ~ 0,85 g SA/kg F.W. Rabanete vermelho (dia 14, 10 °C): ~ 0,35 g SA/kg F.W.</p>	<p>A temperatura de armazenamento de 5°C foi a mais adequada para manter o teor de compostos bioativos. Após 7 e 14 dias de armazenamento, os compostos fenólicos diminuíram nos brotos.</p>	<p>(Baenas et al., 2017)</p>
<p>-Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)</p>	<p>5 dias, 18°C</p>	<p>As sementes foram embebidas em sorbato de potássio + estéril solução de cloreto de sódio (NaCl) ou sacarose (Suc) ou água destilada. As sementes foram introduzidas em sacos de celofane transparentes, azuis ou amarelos, com Luz durante a germinação</p>	<p>Conteúdo fenólico total: NaCl: 11,69 mg GAE/g F. W. Sacarose: 11,13 mg GAE/g F. W. Luz branca: 13,14 mg GAE/g F. W. Luz azul: 13,38 mg GAE/g F. W. Luz amarela: 13,30 mg GAE/g F. W.</p>	<p>Sementes germinadas expostas a cloreto de sódio, soluções de sacarose e diferentes qualidades de luz não apresentaram aumento no teor de polifenóis totais.</p>	<p>(Fischer et al., 2017)</p>
<p>- Feijão mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).</p>	<p>4 dias, 25 °C</p>	<p>Liofilização (FD) e secagem dos brotos com ar quente em diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80 °C) por 24 horas.</p>	<p>Conteúdo fenólico total: FD: 1,009 mg GAE/100 g D. W. 40 °C: 1,139 mg GAE/100 g D. W. 50 °C: 1,232 mg GAE/100 g D. W. 60 °C: 1,287 mg GAE/100 g D. W. 70 °C: 1,433 mg GAE/100 g D. W. 80 °C: 1,443 mg GAE/100 g D. W.</p>	<p>A secagem com ar quente a 40 e 50 °C pode reduzir ligeiramente a CFT para as frações insolúveis, e a 60-80 °C não alterou significativamente a CFT, em comparação com a amostra liofilizada. A rutina foi um dos principais compostos fenólicos na fração solúvel e o ácido cafeico e o ácido p-cumárico foram os</p>	<p>(Gan et al., 2017a)</p>

				principais compostos fenólicos nas frações insolúveis.
- Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck)) - Rúcula (<i>Eruca sativa</i> Mill. cv. <i>Afoggia lobata</i>)	5 dias a 10, 20 ou 30 °C	-	Conteúdo fenólico total: Brócolis (10 °C): ~ 98 mg /100 g D. W. Brócolis (20 °C): ~ 97 mg /100 g D. W. Brócolis (30 °C): ~ 150 mg /100 g D. W. Rúcula (10 °C): 61.3 mg /100 g D. W. Rúcula (20 °C): ~ 40 mg /100 g D. W. Rúcula (30 °C): 37,2 mg /100 g D. W.	Os derivados de sinapoil foram a principal classe de polifenóis identificados em brotos. (Ragusa et al., 2017)
-Soja (<i>Glycine max</i>)	4 dias, 25°C	-	Conteúdo fenólico total: Soja: 30,67 mg/g Isoflavonas: Soja: 1,65 mg/g	Seis isoflavonas foram detectadas: daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína. O teor de isoflavonas diminuiu acentuadamente no estágio inicial de germinação, e depois aumentou de forma constante, finalmente excedendo a concentração da soja original. (Sun et al., 2018)
-Feijão mungo (<i>Vigna radiata</i> L.)	Brotos foram comprados de um mercado local	Os brotos foram tratados com uma água ativa por plasma não térmico (Glibowski).	Conteúdo fenólico total: Controle: ~ 4.2 mg GAE/g D.W. 30 min PAW: ~ 4,1 mg GAE/g D.W. Flavonoides: Controle: ~ 1,65 mg RE/g D.W. 30 min PAW: ~ 1,7 mg RE/g D.W.	A lavagem dos brotos com PAW (água ativada por plasma não térmico) não resultou em diferença significativa nos teores de fenólicos totais e flavonoides. (Xiang et al., 2019)
-Feijão mungo (<i>Vigna radiata</i> L. cv. Kamphaeng Saen)	3 dias, 30± 5°C	Pulverização exógena com NaCl ou glicose	Conteúdo fenólico total: Controle: ~ 29 mg GAE/g F.W. 100 mM NaCl: ~ 40 mg GAE/g F.W. 150 mM glucose: ~ 44 mg GAE/g F.W. Flavonoides: Controle: ~ 4,7 mg QE/g F.W. 100 mM NaCl: ~ 6,5 mg QE/g F.W. 150 mM glucose: ~ 5,7 mg QE/g F.W.	A aplicação de NaCl e glicose aumentou o teor de fenólicos e flavonoides totais nos brotos. (Koodkaew, 2019)
-Feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	4 dias, 25°C	As sementes foram tratadas com ultrassom	Ácidos fenólicos: Controle: 18,6 mg CYG/100g D.W. US-360W-60min: 216,7 mg CYG/100g D.W. Antocianinas: Controle: 2,6 mg CAT/100g D.W. US-360W-60min: 2,6 mg CAT/100g D.W. Flavonoides: Controle: 30,8 mg RE/100g D.W. US-360W-60min: 30,4 mg RE/100g D.W.	A elicitação de feijão comum com US aumentou o acúmulo de marcadores de estresse desde o início da brotação até a interrupção do processo, resultando na estimulação elevada das enzimas desencadeadoras de fenólicos de defesa (PAL e TAL) e biossíntese final de fenólicos em níveis máximos em relação ao controle. (J. O. Ampofo & Ngadi, 2020)

CAT: equivalentes de catequina, GAE: equivalentes de ácido gálico; CAE: equivalentes de ácido clorogênico; QE: equivalentes de quercetina; SA: ácido sinápico, RE: equivalentes de rutina; equivalentes de CYG-cianidina-3-glicosídeo. Fonte: Autores.

O teor de compostos fenólicos varia de acordo com o tempo de germinação podendo ter maior concentração desses antioxidantes com relação à semente dormente (Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010; Pajak et al., 2014) ou uma redução no teor do fenólicos totais no decorrer da germinação (Baenas et al., 2012).

É notável que em alguns casos mesmo não sendo submetido a nenhum tipo de tratamento, somente o processo de germinação foi capaz de aumentar a concentração de compostos fenólicos nos brotos de soja, Buck's beard nativo da Itália, trigo sarraceno comum e tartário, cardo leiteiro, feijão mungo, mostarda branca, alfafa, fava, feno-grego, trigo, brócolis, girassol, rabanete, couve e lentilha verde.

Porém em outros brotos foram aplicados alguns tratamentos, conforme apresentado na Tabela 4, o uso de eliciadores como fitormônios, oligossacarídeos, aminoácidos, ácidos orgânicos, polissacarídeos, proteínas, gorduras, extratos, sais e fatores físicos (luz, ultrassom, água eletrolisada, alta pressão, stress de temperatura, plasma) pode aumentar o acúmulo de compostos fenólicos em brotos sob condições apropriadas (H. K. Liu et al., 2019). O estudo da elicitação térmica (30, 35, e 40 °C) em brotos de feijão demonstrou que a temperatura de 30 °C foi a que possibilitou maior acúmulo de ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas nos brotos (J. Ampofo, 2020).

Outra estratégia promissora para elevar o teor de compostos fenólicos em brotos comestíveis é a transferência interespécies, que consiste no uso de uma espécie doadora dos compostos bioativos (fenólicos, vitamina C, etc) e o broto se comporta como planta aceptora. Šola et al. (2020) avaliaram o efeito da transferência interespécies utilizando erva-de-são-joão (*Hypericum perforatum* L., Hp), camomila (*Matricaria chamomilla* L., Mc), folhas de rosa (*Rosa* sp., Rsp) e brotos de briônia pretos (*Tamus communis* (L.) Caddick & Wilkin, Tc) como doadores de compostos fenólicos e brotos de Chinese cabbage como receptores e os resultados demonstraram que o teor de fenólicos aumentou nos brotos submetidos ao tratamento. Os autores ressaltaram, que as espécies doadoras, podem conter compostos potencialmente tóxicos, que também podem ser transferidos para a planta aceptora, e assim estudos mais avançados na área são requeridos.

Glucosinatos (GLSs)

Os GLSs são glicosídeos sulfurosos e estão amplamente distribuídos principalmente na família das *Brassicaceae* (brócolis, couve-de-bruxelas, repolho roxo, nabo, agrião de jardim e mostarda), sendo classificados em GLSs alifáticos (saturados e insaturados), aromáticos e indólicos (H. K. Liu et al., 2019; X. Wu et al., 2009). Os GLSs alifáticos e aromáticos são hidrolisados para produzir isotiocianatos (ITCs) (ou seus produtos de transformação), compostos biologicamente ativos que proporcionam benefícios à saúde. Essa hidrólise requer a enzima mirosinase vegetal na planta crua (Baenas et al., 2017; Dosz at al., 2014) e em vegetais cozidos onde a mirosinase foi desativada, podem ser hidrolisados pelas bactérias intestinais (Ciska, Drabińska, Honke, & Narwojsz, 2015). No entanto, a eficiência e a quantidade de isotiocianatos geradas pela microflora gastrointestinal podem ser relativamente baixas e variar substancialmente por indivíduo (Z. Wang et al., 2020).

O teor de GLS nas plantas depende da variedade, fatores ambientais como luz, temperatura e pressão e fatores agrônômicos associados ao crescimento da planta (Fenwick et al., 1983; Guo et al., 2014), além disso, os níveis variam entre as partes da planta específica (Zhu et al., 2019). Se tratando de brotos a quantidade de GLs aumenta significativamente nestes quanto comparada com o vegetal totalmente desenvolvido (Baenas et al., 2012; Drozdowska et al., 2020; Reilly et al., 2014).

Tendo a função de defesa na planta e atuando como compostos de reserva de nutrientes, as sementes têm a maior quantidade desses metabólitos, e a redução em GLSs com germinação após um efeito de diluição da expansão do tecido leva a um perfil GLS intermediário entre sementes e tecidos maduros (Ciska et al., 2008). A degradação dos GSLs alifáticos contendo

enxofre, causada pelo preparo dos brotos em altas temperaturas resultará na redução dos benefícios para a saúde dos vegetais, pois nitrilos potencialmente tóxicos são formados e apenas concentrações mais baixas de isotiocianatos preventivos são liberados (Hanschen et al., 2012).

É importante ressaltar que o conteúdo total de GLS em vegetais crucíferos não reflete o rendimento total de (ITCs). Dependendo da estrutura química dos GLS, dos fatores intrínsecos à planta (mirosinase, proteína epitiospecificadora (ESP), ácido ascórbico e Fe^{2+}) e dos fatores extrínsecos (pH, temperatura e pressão) os GLSs podem ser hidrolisados para liberar vários produtos finais, incluindo ITCs, indóis, nitrilos e tiocianatos. De todos os fatores, a mirosinase e ESP desempenham papéis críticos, mas opostos na produção de ITCs de GLSs. A mirosinase inicia a hidrólise de glucosinolatos, resultando na formação de intermediários instáveis, que se reorganizam para formar ITCs; enquanto ESP interage com os intermediários instáveis para desviar a formação de ITC em nitrilos. Portanto, o rendimento de ITC pode diferir consideravelmente em vegetais, mesmo que contenham tipo e / ou quantidade semelhante de glucosinolatos (Z. Wang et al., 2020).

Os GLs, em especial os isotiocianatos(sulforafano), apresentam alta capacidade antioxidante, e conseqüentemente ação anticancerígenas, apresentando também importantes atividades biológicas, como a desintoxicação de carcinógenos, redução do risco doenças cardiovasculares, anti-inflamatórias, inibição do crescimento de fungos patogênicos e redução da glicose no sangue (Zhu et al., 2019). Diversos estudos avaliaram os teores de GLSs em brotos comestíveis, conforme apresentado na Tabela 5. Os resultados demonstram que a quantidade de GLSs e os produtos de sua hidrólise nos brotos são afetados por diversos fatores, dentre eles: cultivar (Pérez-Balibrea et al., 2011a), uso de eliciadores (Hassini et al., 2017; Zhu et al., 2019), técnicas de preparo (Ciska et al., 2015) e qualidade das sementes (Baenas et al., 2012).

Tabela 5. Glucosinolatos em brotos comestíveis (GLSs)

Broto comestível	Condições de germinação	Tratamento aplicado	Quantidade de GLSs total	Principais resultados	Referências
-Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>) -Couve-rábano (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongylodes</i>) -Repolho vermelho (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>) - Couve-nabo (<i>B. napus</i> L. var. <i>napobrassica</i>) - Nabo (' <i>Globo Blanco</i> ') - Nabo (<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>rapa</i>) -Rabanete (<i>R. sativus</i> L.) -Agrião de jardim (<i>L. sativum</i>) -Mostarda branca (<i>S. alba</i>)	8 dias 20 - 25°C	-	-Brócolis: 141,48 mg/100g F.W. -Couve-rábano: 653,08 mg/100g F.W. -Repolho vermelho: 516,42 mg/100g F.W. - Couve-nabo: 386,84 mg/100g F.W. - Nabo (' <i>Globo Blanco</i> '): 164.51 mg/100g F.W. - Nabo (<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>rapa</i>): 766.07 mg/100g F.W. -Rabanete: 296,77 mg/100g F.W. -Agrião de jardim: 174,04 mg/100g F.W. -Mostarda branca: 815,10 mg/100g F.W.	Brócolis e couve-nabo apresentaram glucorafanina (sulforaphane GLS), como o principal GLS. O repolho vermelho e a couve-nabo apresentaram a progoitrina (antinutriente) como principal GLS. As variedades de <i>B. rapa</i> , grelos e nabos, exibiram gluconapina como característica GLS. O agrião e a mostarda branca apresentaram um aroma aromático característico de GLS, glucotropaeolina e glucosinalbina. GLSs alifáticos foram os principais GLSs em brotos em todas as variedades (70-85%), exceto agrião e brotos de mostarda branca que exibiram um alto teor (90%) de GLSs aromáticos.	(Baenas et al., 2012)
- Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) - Couve negra da Toscana (<i>B. oleracea</i> var. <i>Sabellica</i>) -Rabanete Daikon (<i>R. sativus</i> L.) Rabanete Sango (<i>R. sativus</i> L.)	7 dias 25°C	As análises foram feitas nas amostras liofilizadas	- Brócolis: 63,5 µmol/g D.W. - Couve negra da Toscana: 98,8 µmol/g D.W. -Rabanete Daikon: 117,3 µmol/g D.W. Rabanete Sango: 152,2 µmol/g D.W.	GLSs alifáticos com uma cadeia lateral tiofuncionalizada representaram 92% do conteúdo total em brotos de brócolis e couve preta da Toscana. Couve preta da Toscana, brotos de Sango e Daikon podem fornecer muito mais isotiocianatos do que brotos de brócolis. Brotos de rabanete exibiram a maior capacidade de produzir isotiocianatos.	(Nicola et al., 2013)
- Brócolis (<i>B. oleraceae</i> var. <i>italica</i>) - Couve-nabo (<i>B. napus</i> L. var. <i>napobrassica</i>) - Nabo (<i>B. rapa</i> L. subsp. <i>rapa</i>) - Rabanete rosa da China (<i>R. sativus</i> L. cv. <i>China rose</i>) - Rabanete vermelho (<i>R. sativus</i> L. cv. Rambo)	8 dias 20 - 25°C	Pulverização exógena de eliciadores (fitohormônios, oligossacarídeos e aminoácidos) durante o crescimento dos brotos	- Brócolis: 388-712 mg/100g F.W. - Couve-nabo: 314-826 mg/100g F.W. - Nabo: 126-216 mg/100g F.W. - Rabanete rosa: 478-611 mg/100g F.W. - Rabanete vermelho: 323-461 mg/100g F.W.	- Dezesesseis GLSs foram detectados. - Os GLSs alifáticos foram o principal grupo em brotos de <i>B. oleraceae</i> , <i>B. napus</i> e <i>R. sativus</i> e brotos de <i>B. rapa</i> mostraram maior quantidade de GLSs indólicos. Sementes e brotos de nabo e couve-nabo apresentaram o antinutriente progoitrina como o principal GLS. -Todos os elicitadores promoveram o acúmulo de GLSs em brotos de <i>Brassicaceae</i> . O cultivar e a natureza específica do elicitor afetaram os GLSs totais e individuais quantificados.	(Baenas et al., 2014)
-Brócolis (<i>B. oleracea</i> L. var <i>italica</i>)	8 dias	Priming de	-	Uma combinação de priming e efeito de	(Baenas et al.,

-Rabanete vermelho (<i>R. sativus</i> cv. Rambo)	20-25°C	sementes e pulverização exógena de metil jasmonato (MeJA), ácido jasmônico (JA) e DL-metionina (MET)		spray exógeno melhorou o conteúdo total de GLSs. Os brotos têm um metabolismo semelhante em resposta aos elicitores. O uso de DL-metionina como elicitor em brotos melhorou a biossíntese de GLSs alifáticos.	2016)
-Repolho vermelho (<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>) -Repolho branco (<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>)	10 dias 20-25°C	Priming de sementes com KCl e pulverização exógena de metil jasmonato (MeJA) e alta salinidade durante o crescimento dos brotos	-Repolho vermelho (controle): 3,38 g/kg F.W. -Repolho vermelho (KCl priming): 1,34 g/kg F.W. -Repolho vermelho (MeJA): 5,20 g/kg F.W. -Repolho vermelho (NaCl): 2,80 g/kg F.W. -Repolho branco (controle): 1,02 g/kg F.W. -Repolho branco (KCl priming): 1,02 g/kg F.W. -Repolho branco (MeJA): 3,90 g/kg F.W. -Repolho branco (NaCl): 1,02 g/kg F.W.	GLSs alifáticos, glucorafanina e glucoiberina, foram detectados nas duas variedades de repolho e progoitrina, sinigrina, glucoalissina e glucoerucina foram identificados apenas em brotos de repolho roxo. GLSs de indol individuais – 4-hidroxi-glucobrassicina, glucobrassicina, 4-metoxi-glucobrassicina e neoglucobrassicina foram detectados nas duas variedades.	(Hassini et al., 2017)
-Brócolis (<i>B. oleracea</i> L. var. <i>italica</i>) -Rabanete vermelho (<i>R. sativus</i> cv. Rambo)	8 dias 20 - 25°C	Pulverização exógena de metil jasmonato (MeJA)	-Brócolis (dia 0): ~ 4,8 g/kg F.W. -Brócolis (dia 14, 5 °C): ~ 2,4 g/kg F.W. -Brócolis (dia 14, 10 °C): ~ 1,1 g/kg F.W. -Rabanete vermelho (dia 0): ~ 7,4 g/kg F.W. -Rabanete vermelho (dia 14, 5 °C): ~ 3,9 g/kg F.W. -Rabanete vermelho (dia 14, 10 °C): ~ 1,1 g/kg F.W.	O sulforafano (derivado da glucorafanina) foi o ITC predominante (90% do ITC total) em brotos de brócolis, enquanto o sulforafeno foi o ITC predominante (84% do ITC total) encontrado em brotos de rabanete. O ITC presente nos brotos diminuiu durante o armazenamento, sendo esse decréscimo superior a 90% em todas as amostras, exceto nos brotos de brócolis após 7 dias de armazenamento a 5°C, onde a concentração de sulforafano foi de 50% da quantidade inicial.	(Baenas et al., 2017)
- Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>)	5 dias 25°C	Pulverização exógena com ácido jasmônico (JA) durante o crescimento dos brotos	- Brócolis (0 µM JA): ~ 64,4 µmol/g F.W. - Brócolis (100 µM JA): ~ 116,5 µmol/g F.W. - Brócolis (200 µM JA): ~ 129,2 µmol/g F.W. - Brócolis (300 µM JA): ~ 123,7 µmol/g F.W.	Sete tipos de GLSs, incluindo três alifáticos e quatro indol foram detectados em diferentes órgãos de brotos de brócolis. O tratamento com JA aumentou os teores de glucorafanina, glucobrassicina e neoglucobrassicina nos brotos. A atividade da mirosinase no cotilédono de brócolis aumentou após o tratamento com JA, enquanto diminuiu no hipocótilo.	(Zhu et al., 2019)

					Os tratamentos com JA aumentaram intensamente a formação de sulforafano e ITCs em brotos.	
-Couve-de-Bruxelas (<i>B. oleracea</i> var. gemmifera)	Os brotos foram adquiridos em um mercado local	O teor de GLSs foi avaliado nos brotos crus e cozidos (100 °C for 5, 15 e 30 min)	- Broto cru: 363 µmol/100g F.W. - Broto cozido (5 min): 441 µmol/100g F.W. - Broto cozido (15 min): 355 µmol/100g F.W. - Broto cozido (30 min): 268 µmol/100g F.W.		O processamento térmico reduziu as concentrações de GLS nos brotos. Sete produtos de degradação de GLSs foram identificados em brotos cozidos. Isotiocianatos (composto bioativo) foi encontrado em couves de Bruxelas cruas, mas o composto não foi encontrado em brotos cozidos.	(Ciska et al., 2015)
- Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i> ; cv. Nubia) - Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i> ; cv. Marathon) - Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i> ; cv. Viola)	7 dias 20-25°C	-	- Brócolis (cv. Nubia): 151 mg/100g F.W. - Brócolis (cv. Marathon): 200 mg/100g F.W. - Brócolis (cv. Viola): 235 mg/100g F.W.		GLS alifáticos (glucoiberina e glucorafanina) foram o principal grupo nos brotos de todas as cultivares. O teor de GLS diminui de forma constante com o tempo, principalmente durante os primeiros 7 dias após a semeadura. GLSs indólicos mostraram pequenas diferenças entre as cultivares.	(Pérez-Balibrea et al., 2011a)
- Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>)	7 dias 20-25°C	Pulverização exógena com metionina (MET), triptofano metionina, quitosana, ácido salicílico (SA) e MeJA.	-Brócolis (10 mM MET): 43,5 µmol/g D.W. -Brócolis (20 mM triptofano): 41,1 µmol/g D.W. -Brócolis (0.01% quitosana): 43,4 µmol/g D.W. -Brócolis (100 µM SA): 45,4 µmol/g D.W. -Brócolis (10 µM MeJA): 43,3 µmol/g D.W.		A glucorafanina foi o principal GLS determinado em brotos em cada tratamento e data de amostragem. A glucoiberina e a 4-hidroxi-glucobrassicina também estiveram presentes em quantidades importantes com concentrações variando de acordo com a solução eliciadora aplicada e o tempo de brotação. O tratamento dos brotos com SA e MeJA induziu quantidades significativamente maiores de indol GLSs.	(Pérez-Balibrea, Moreno, & García-Viguera, 2011b)
- Brócolis (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck) - Rúcula (<i>Eruca sativa</i> Mill. cv. <i>Afoggia lobata</i>)	5 dias 10, 20 ou 30 °C	-	-Brócolis (10 °C): ~ 8,0 µmol/g D.W. -Brócolis (20 °C): ~ 10,0 µmol/g D.W. -Brócolis (30 °C): ~ 28,0 µmol/g D.W. - Rúcula (10 °C): ~ 2,0 µmol/g D.W. - Rúcula (20 °C): ~ 17,0 µmol/g D.W. - Rúcula (30 °C): ~ 42,0 µmol/g D.W.		Seis GLSs foram observados em brócolis (GRA; 4-hidroxi glucobrassicina, 4-OH-GBS; glucobrassicina, GBS; gluconasturtiína, GST; neo-glucobrassicina, Neo-GBS), mas apenas dois GLS foram detectados em rúcula (GRA e GER).	(Ragusa et al., 2017)

F.W.: fresh weight (peso fresco); D.W.: dry weight (peso seco). Fonte: Autores.

O principal GLS no broto de brócolis é o glucorafanina ou o seu precursor glucoerucina, depende da atividade da enzima GSL-OX (Baenas et al., 2016; Baenas et al., 2017; Guo et al., 2014). Autores também encontraram o glucoiberina como principal GLS em brotos de brócolis de uma cultivar diferente (Pérez-Balibrea et al., 2011a). Já em brotos de rabanete predominam os GLSs glucorafenina e desidroerucina, também denominada glucorafasatina (Baenas et al., 2016; Baenas et al., 2017) e nos brotos de rúcula predominou o GLS glucoerucina (Ragusa et al., 2017). Já em brotos de moringa o principal GLS encontrado foi o glucomoringina (4- α -ramnopiranosiloxi-benzil GLS) (Coello et al., 2020).

Além disso, em alguns casos foi empregado eliciadores, os quais são aplicados diariamente por pulverização sobre cotilédones, não como um procedimento de irrigação, mas sim como um tratamento de priming com objetivo de aumentar os compostos bioativos presentes em brotos (Baenas et al., 2016). No entanto, o aumento do teor de GLS total não está correlacionado com a concentração do eliciador aplicado e pode ser devido a uma saturação da molécula do eliciador nos tecidos da planta após determinada dose. Portanto, a seleção de uma concentração econômica do eliciador para cada espécie em tratamento pode ser altamente eficaz (Ku et al., 2014).

Nesse contexto, algumas estratégias foram utilizadas com sucesso para aumentar o teor de GLSs nos brotos, como o tratamento com ácido jasmônico (Zhu et al., 2019), ácido salicílico (Pérez-Balibrea et al., 2011b) e tratamento priming de sementes (hidratação controlada das sementes para promover atividades pré-metabólicas) combinada com a pulverização exógena (Baenas et al., 2016). Uma vez que o aminoácido metionina é um precursor da síntese de GLS alifáticos e os GLSs indóis são derivados de triptofano, a fertilização com esses aminoácidos aumentou significativamente o teor dos respectivos GLS em brotos de brócolis (Pérez-Balibrea et al., 2011b).

Foi observado também que diferentes métodos de preparo pode afetar a quantidade de GLSs em brotos comestíveis como em tratamentos térmicos brandos (fritar, cozinhar no vapor e micro-ondas) aumentou o rendimento de ITC em média 4,3 vezes em brotos de crucíferas, enquanto que tratamentos térmicos mais intensos (cozinhar em água quente, assar e chip-baking) reduziram o rendimento do ITC em 58% em média quando comparados com os brotos crus (Z. Wang et al., 2020), ou seja, nesses estudos é observável que os tratamentos térmicos mais brandos são positivamente benéfico ao aumento de ITC em brotos, enquanto tratamentos térmicos mais intensos tem a característica de reduzir o teor de ITC, desta forma, é necessário mais estudos para avaliar esse comportamento.

Ácido gama-aminobutírico (GABA)

O GABA é um aminoácido não proteico que atua como um importante neurotransmissor no sistema nervoso em mamíferos e apresenta diversos benefícios à saúde, dentre eles a regulação da pressão arterial e da frequência cardíaca, podendo também ser usado como suplemento dietético e/ou nutracêutico para ajudar a tratar insônia, depressão e distúrbios autonômicos, sintomas crônicos relacionados ao álcool e para estimular células do sistema imunológico (S. H. Oh et al., 2003).

Acredita-se que a produção de GABA aconteça a partir da reação de descarboxilação do ácido glutâmico catalisada pela descarboxilase do glutamato (GAD) durante a germinação (Li et al., 2016). As enzimas endógenas diamine oxidase (DAO) e a aminoaldeído desidrogenase (AMADH) também estão envolvidas na produção de GABA (Gan et al., 2017a).

E apesar de os brotos serem fonte desse composto bioativo, poucos estudos quantificaram o teor de GABA no decorrer da germinação. Vann, Techaparin, e Apiraksakorn (2020) avaliaram o efeito da germinação na formação de GABA em feijão amarelo, verde, preto e vermelho, observaram um acréscimo considerável desse composto após 36 horas de germinação, onde o feijão verde germinado apresentou maior concentração de GABA (3.93 mg/g D. W.). O teor de GABA aumentou de 24.13 μ g/g em sementes de sesame para 95.28 μ g/g nos brotos obtidos após 5 dias de germinação (B. Liu et al., 2011). A germinação melhorou notavelmente os níveis de GABA na moringa, mostrando incrementos nos brotos entre 1,8–8,8 vezes nos níveis deste composto, dependendo das condições de germinação. A única exceção foi observada quando as

sementes de moringa foram germinadas a 32 °C por 24 h, condições em que os brotos apresentaram menor concentração de GABA do que as sementes. Em geral, foi observado um aumento no GABA com tempos de germinação mais longos, o que indicou a forte influência do período de germinação na sua biossíntese na moringa, sendo que o maior acúmulo de GABA foi observado após germinação a 36 °C por 96 h (219,19 mg / 100 g d.m.) (Coello et al., 2020).

Melatonina

A melatonina é um hormônio antioxidante endógeno, que diminui com o envelhecimento e os níveis baixos estão associados a algumas doenças crônicas (Russel et al., 2005). A germinação de leguminosas aumenta os níveis de melatonina nas plantas, e quando ingeridas aumentam a concentração desse hormônio no sangue, tornando os brotos uma potencial fonte alimentar desse hormônio (Aguilera et al., 2016). O aumento nos níveis de melatonina no sangue tem sido correlacionado com a redução do stress oxidativo e conseqüentemente tem efeito protetivo contra danos cardiovasculares e surgimento do câncer (Reiter et al., 2005). Aguilera et al., (2016) observaram um aumento de 16% nos níveis de melatonina plasmática em ratos machos após a ingestão de brotos de feijão vermelho.

3.4 Estabilidade durante a vida útil dos brotos comestíveis

Devido a sua alta atividade de água, os brotos frescos tem vida útil limitada, devendo ser armazenados sob refrigeração, em que poucos estudos avaliaram as alterações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais dos brotos comestíveis no decorrer da sua vida útil. Baenas et al., (2017) por exemplo, avaliaram o efeito do armazenamento de brotos de brócolis e rabanete a 5 ou 10 °C, por 7 ou 14 dias, com alta umidade relativa (85%). E após 7 dias de armazenamento a 5 °C, a diminuição no GLS total foi de 30% e 20% nos brotos de brócolis e rabanete, respectivamente, seguindo com uma diminuição de 20% a mais até o dia 14. Quando os brotos foram armazenados a 10 °C, essa diminuição no GLS total no dia 7 de armazenamento foi muito alta, atingindo cerca de 65% de perda e permaneceu até o dia 14 em valores semelhantes em ambos os brotos, e diminuindo 20% a mais no dia 14 no caso de brotos de rabanete em comparação com o dia 0 (controle), mostrando que a temperatura teve grande impacto sobre esses compostos durante o armazenamento. O precursor de isotiocianato (ITC) e sulforafano (SFN), glucorafanina, foi melhor preservado a 5 °C do que a 10 °C.

Para estender a vida útil de brotos de couve de bruxelas, os efeitos do filme de cloreto de polivinila (PVC) e revestimentos comestíveis à base de amido sobre os aspectos de qualidade dos brotos refrigerados (0 °C por 42 dias) foram estudados. Nos primeiros 14 dias de armazenamento não houve diferença na qualidade entre os brotos com cobertura e sem cobertura, no entanto, no final do armazenamento, o escurecimento das zonas de corte e as perdas de peso e firmeza foram minimizados em brotos embalados em PVC e com revestimento feito com glicerol (Viña, 2007). Em outro estudo, o armazenamento a -18 °C por 8 meses de brotos de couve de bruxelas afetou a firmeza das amostras, mas o teor de ácido ascórbico e flavonoides não foi alterado (Olivera et al., 2008).

O uso de revestimento comestível (carboximetilcelulose/cera de candelila) em brotos de couve de bruxelas minimamente processados e armazenados a 8 ou 22 °C por até 21 dias, não afetou a perda de peso, teor de umidade e textura dos vegetais. Mas, a taxa respiratória foi reduzida, a degradação da clorofila foi acelerada e o aumento da atividade da polifenol oxidase foram observados nos brotos revestidos, reduzindo a qualidade sensorial dos vegetais. Além disso, o revestimento favoreceu o crescimento de fungos nos brotos contaminados artificialmente. Os autores atribuem esse resultado as propriedades de barreira ao gás do revestimento que além de induzir o metabolismo anaeróbio também favoreceu o acúmulo de etileno nos vegetais (Kowalczyk, 2019).

Três formas de brotos (fresco, congelado e enlatado) de couve de bruxelas foram investigadas durante um armazenamento de 3,5 meses, de setembro a janeiro, para avaliar a melhor qualidade do vegetal para consumo, valor nutritivo,

segurança alimentar e baixo custo. No início do armazenamento (no outono), a melhor forma foi o vegetal fresco, mas no final do período de armazenamento (janeiro/fevereiro) a forma congelada deve ser consumida devido boa qualidade sensorial, valor nutritivo e custo semelhante ao vegetal fresco. Os brotos enlatados foram considerados a pior forma durante todo o período de armazenamento no que diz respeito ao teor de vitamina C e qualidade sensorial (Czarniecka-Skubina, 2002).

3.5 Propriedades sensoriais dos brotos comestíveis

Estudos sensoriais em brotos comestíveis são escassos na literatura. Em geral o teste de aceitação é utilizado para avaliar as propriedades sensoriais dos brotos, com poucos estudos que utilizaram os métodos descritivos. Aceitação global, aroma e brilho foram avaliados em brotos de couve de bruxelas com e sem revestimento comestível. As amostras com revestimento foram negativamente afetadas com relação a aceitação global e o aroma, já o brilho obteve maior nota nas amostras revestidas (Kowalczyk, 2019). Os parâmetros sensoriais descritivos *cor*, *odor de erva*, *odor desagradável*, *sabor verde*, *sabor amargo*, *sabor doce*, *sabor de feijão*, *suculência*, *fibrosidade* e *farináceos* foram avaliados em brotos de lentilha (Troszyńska et al., 2011).

Os compostos fenólicos, flavonóis e galato de catequina foram relacionados positivamente ao amargor e adstringência das amostras de broto lentilha (Troszyńska et al., 2011). O teor de GLSs também está relacionado com as propriedades sensoriais de alguns brotos comestíveis, como é o caso do sabor amargo/picante da rúcula que está positivamente correlacionado com os produtos da hidrólise de glucosinolatos, especificamente o glucosativina e seu dímero (Bell, Lignou, & Wagstaff, 2020).

Os brotos de feijão mungo tratados com água ativada por plasma não térmico (PAW) não apresentaram diferenças significativas em termos de aparência, cor, sabor, textura e aceitação geral quando comparados com as amostras controle (Xiang et al., 2019). As propriedades sensoriais de brotos de alfafa, grão de bico e feijão mungo não foram afetadas após 21 e 35 dias de armazenamento a 4 °C, respectivamente (Kumar & Gautam, 2019).

3.6 Segurança microbiológica

Brotos de legumes e cereais prontos para consumo podem apresentar grandes riscos microbianos, pois são germinados em condições ótimas de umidade, temperatura (20–36 °C) e uma boa fonte de nutrientes, favorecem o crescimento de microrganismos patogênicos (Sozbilen & Yemenicioğlu, 2020), com isso o consumo de brotos tem sido relacionado com diversos surtos alimentares (Studer et al., 2013), estando entre os principais alimentos, causando 31.8% de 173 mortes resultantes de grandes surtos nos países desenvolvidos entre 1980 e 2016 (Machado-Moreira et al., 2019).

Em 2005, cerca de 400 pessoas foram contaminadas com *Salmonella* em um surto causado pela ingestão de brotos de feijão mungo em Ontário no Canadá (CIDRAP, 2005). Silva et al. (2017) conduziram uma meta-análise da incidência de patógenos de origem alimentar em vegetais e frutas em estabelecimentos varejistas na Europa e detectaram a presença de *Salmonella* spp., *Listeria Monocytogenes* e *Escherichia coli* produtora de shigatoxina em brotos, sendo que este último patógeno predominou em produtos embalados ou não. Já nos Estados Unidos um estudo avaliou os surtos de doenças de origem alimentar associadas a produtos agrícolas e detectou que em 2012 os brotos de trevo cru foram responsáveis por causar 29 surtos em 11 estados pela contaminação com *E. coli* O126 e os brotos de alfafa causaram 25 surtos em 5 estados em 2011 pela presença de *Salmonella Entiridis* (Mukhopadhyay & Ukuku, 2018).

A contaminação dos brotos comestíveis pode vir das sementes ou ocorrer durante o cultivo, colheita, distribuição ou processamento/preparo (lavagem, imersão, embalagem, contaminação cruzada, etc.) (Harris et al., 2003). As sementes contaminadas representam o principal vetor de contaminação para brotos, pois os microrganismos presentes nas sementes podem ser internalizados durante o processo de germinação (Machado-Moreira et al., 2019), e assim diversas técnicas tem sido

utilizadas para reduzir essa contaminação, como a descontaminação das sementes pelo uso de revestimentos antimicrobianos comestíveis (Sozbilen & Yemenicioğlu, 2020), combinação entre ultrassom e desinfetante químico (Millan-Sango et al., 2017) ou calor moderado e desinfetante químico (Trzaskowska et al., 2018) e ar quente úmido (Studer et al., 2013).

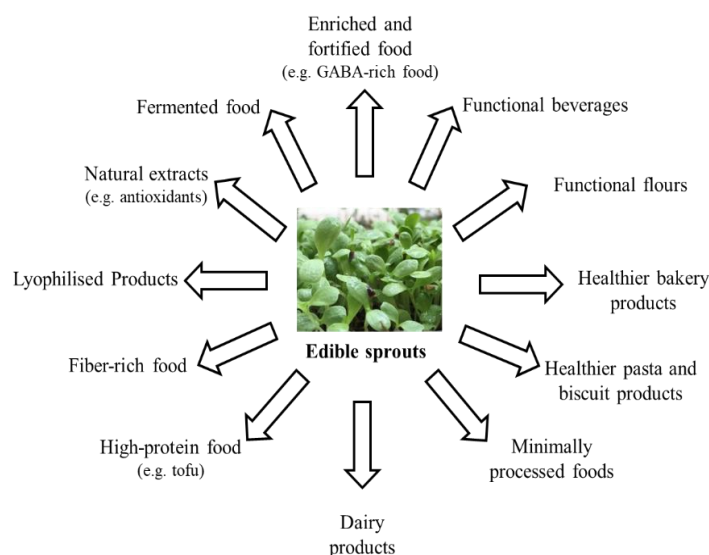
Os brotos de brócolis e rabanete apresentaram contagem microbiana semelhante quando armazenados nas temperaturas de 5 ou 10 °C, e um aumento na contagem foi observado no decorrer do armazenamento, no entanto bactérias patogênicas não foram encontradas ao final dos 14 dias de vida útil (Baenas et al., 2017).

As tecnologias de processamento físico não térmico têm sido utilizadas para inativar microrganismos em brotos comestíveis. O tratamento por 30 min com água ativada por plasma inativou bactérias, leveduras e fungos em brotos de feijão mungo (Xiang et al., 2019). A combinação de ultrassonicação, branqueamento e imersão em ascorbato das sementes reduziu as cargas microbianas de brotos de feijão mungo, grão de bico e alfafa para valores abaixo do nível detectável estendendo a vida de prateleira dos brotos para 21 dias (alfafa) e 35 dias (feijão mungo e grão de bico) a 4 °C (Kumar & Gautam, 2019).

3.7 Brotos comestíveis como um ingrediente para a indústria alimentícia

Tradicionalmente os brotos são consumidos crus, em preparos culinários como saladas, lanches, entre outros. No entanto esses vegetais apresentam grande potencial de aplicação no desenvolvimento de alimentos mais saudáveis, e também como ingredientes para a indústria alimentícia, conforme apresentado na Figura 2. A utilização de brotos como ingrediente para a indústria de alimentos pode contribuir para melhorar o valor nutricional dos produtos processados, bem como ser uma forma mais segura de ingerir esses vegetais, pois o processamento pode reduzir a carga microbiana e conseqüentemente diminuir a ocorrência de surtos de doenças de origem alimentar (Miyahira et al., 2021). Estudos que avaliaram a adição de brotos processados (extratos secos, farinhas, liofilizados, etc.) em alimentos são raros na literatura, sendo mais estudada a adição de sementes germinadas como ingrediente funcional.

Figura 2. Potencial uso de brotos comestíveis na indústria alimentícia.



Fonte: Fonte própria (2021).

A utilização de brotos e grãos germinados como ingredientes culinários é possível em diversos tipos de produtos alimentícios, como os produtos de panificação e massas alimentícias que são amplamente consumidos em todo o mundo. A adição de farinha de grãos germinados em diferentes tipos de pães foi estudada. A aceitação dos produtos teve relação direta com a proporção de farinha adicionada. Embora o trigo em grão germinado tenha sido o grão mais estudado, muitos outros

grãos germinados também foram investigados, como lentilhas, quinoa, feijão mungo e arroz integral (Miyahira et al., 2021). Brotos de trigo sarraceno, ricos nos compostos fenólicos rutina e quercetina, foram usados para elaboração de massas e o efeito da sua ingestão em comparação com massas elaborados com trigo *durum* por ratos espontaneamente hipertensos foi avaliado. Os resultados obtidos apontaram a ingestão das massas elaboradas com os brotos pode ajudar a reduzir a hipertensão e o estresse oxidativo *in vivo* (Merendino et al., 2014).

A elaboração de bebida probiótica com *Lactobacillus acidophilus*, farinha de trigo germinada, farelo de trigo germinado e aveia foi estudada. Os autores observaram que a contagem de probióticos aumentou com o aumento da quantidade de trigo germinado e aveia (Sharma et al., 2014). Brotos de lentilha, cenoura e abóbora liofilizados foram utilizados para elaboração de bebidas funcionais em pó e o seu valor nutricional, os componentes pró-saúde e a capacidade antioxidante foram avaliados. As bebidas enriquecidas com os brotos liofilizados foram caracterizadas com maior teor de antioxidantes, maior potencial anti-radical e redutor. A adição de ingredientes funcionais também influenciou no sabor, cor e aroma das bebidas, melhorando sua aceitabilidade global (Bochnak-Niedźwiecka et al., 2020).

O estudo do potencial uso de brotos de leguminosas liofilizadas, alfafa (*Medicago sativa* L.), fava (*Vicia faba* L.), grão de bico (*Cicer arietinum* L.), feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), ervilha (*Lathyrus sativus* L.), lentilha (*Lens culinaris* Medik.), feijão mungo (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), ervilha (*Pisum sativum* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e tremçoço branco (*Lupinus albus* L.), como fonte da enzima diamina oxidase foi desenvolvido. Essa enzima potencializa a degradação intestinal da histamina e assim a sua suplementação através da dieta contribui para redução do desenvolvimento intolerância à histamina. Com exceção dos brotos de feijão comum e feijão mungo, todos os demais apresentaram uma capacidade de degradação da histamina muito maior do que as plantas não germinadas, e assim esse ingrediente pode ser utilizado para a formulação de suplementos da diamina oxidase para o tratamento da intolerância à histamina (Comas-Basté et al., 2020).

A adição do extrato de sementes germinadas de amendoim como fonte alternativa de nitrogênio na produção da nata de coco foi avaliada. Os produtos elaborados com o extrato foram mais espessos, com menor teor de umidade e maior teor de fibra bruta. A avaliação das propriedades sensoriais do produto fermentado demonstrou que a adição do extrato das sementes germinadas afetou a textura da nata de coco enquanto o sabor e a cor não alteraram (Surya et al., 2020).

Os produtos lácteos também são potenciais tipos de alimentos que podem ser enriquecidos pela adição dos brotos. Lee et al. (2013) avaliaram o efeito da adição de microcápsulas de extrato de broto de amendoim em iogurte. O extrato é rico em resveratrol, um polifenol que confere benefícios à saúde. Maiores concentrações do extrato no iogurte favoreceram o crescimento das bactérias lácticas e a liberação do resveratrol. Os parâmetros sensoriais de cor e *flavour* de amendoim também foram afetados pela adição das microcápsulas.

Gan et al. (2017a) avaliaram o efeito de diferentes formas de secagem, liofilização e secagem com ar quente em diferentes temperaturas (40-80 °C), nas propriedades de escurecimento e no teor de compostos fenólicos em brotos de feijão e concluíram que o pó resultante da secagem a 60 °C por 24 h sofreu menos efeito do escurecimento e manteve o teor de compostos fenólicos alto, podendo utilizar esse ingrediente como fonte natural de polifenóis antioxidantes na elaboração de pães ou macarrão.

Feijão germinado (preto, vermelho, amarelo e verde) foi utilizado para elaborar tofu rico em GABA. O resultado demonstrou que dentre os quatro tipos de feijão, apenas o feijão amarelo foi capaz de produzir tofu da maneira tradicional, devido a menor quantidade de carboidratos e uma grande quantidade de proteínas do feijão amarelo. Foi possível elaborar tofu com os feijões germinados verde a vermelho, porém a textura e o forte cheiro de broto de feijão descaracterizaram o produto (Vann et al., 2020).

4. Considerações Finais

Os brotos apesar de pequenos no tamanho, são boas fontes de nutrientes, podendo ser incluindo facilmente na alimentação e contribuindo assim para uma qualidade de vida melhor. Sendo que o processo de germinação gera metabólitos secundários como os compostos fenólicos, glucosinalatos, ácido gama-aminobutírico (GABA) e a melatonina, além de aumentar a bioacessibilidade de proteínas, lipídeos e proteínas por estarem na sua forma simples após a semente passar pelo processo de germinação. Além disso o teor de fibra alimentar tanto na sua forma insolúvel, quanto na sua forma solúvel também se apresentam em maiores valores do que nas sementes.

Contudo, compostos bioativos como vitaminas, carotenoides, minerais e compostos fenólicos, são afetados com o processo de germinação das sementes, pois é nessa fase que se tem uma melhor sintetização pela planta, em que a germinação é considerada uma tecnologia milenar em países do oriente para obtenção desses alimentos, apresentando a vantagem de demandar poucos insumos (água e energia elétrica, dispensando o uso de defensivos agrícolas, bem como o uso intensivo de mão de obra), para sua produção, o tornando ainda mais atrativo de ser produzido e consumido.

Porém, apesar de todas essas vantagens, ainda é necessário a realização de mais estudos tanto *in vitro* como *in vivo* para comprovar a bioatividade dos componentes presentes nos brotos, verificando quais são os tratamentos que influenciam na formação destes compostos bioativos bem como sua correlação com as propriedades sensoriais dos mesmos.

Por outro lado, o consumo de brotos *in natura* tem sido associado a surtos alimentares em relação a microrganismos patogênicos como *Salmonella* spp., *Listeria Monocytogenes* e *Escherichia coli* produtora de shigatoxina e *E. coli* O126, devido as condições favoráveis de germinação e crescimento dos brotos quanto a umidade, temperatura e nutrientes disponíveis, facilitando assim o crescimento desses microrganismos. Em que alguns estudos utilizaram de tratamentos físicos, como branqueamento, ultrassom, resfriamento, irradiação, aplicação de água eletrolisada, água ativada por plasma não térmico, assim como uso de reagentes químicos a base de cloro, jasmonato de metila, ácido salicílico e tocoferol, se mostraram eficazes no controle desses microrganismos.

Ainda assim, é necessário avaliar as técnicas que melhor reduzem ou eliminam os microrganismos sem afetar as propriedades sensoriais e nutricionais dos brotos, bem como a padronização das condições ideais para a preparação do produto que também precisa ser mais estudada, a fim de melhorar as características sensoriais e promover um maior teor de nutrientes.

Quanto ao potencial uso dos brotos para processamento poucos estudos foram publicados, se tratando basicamente da sua utilização como um aditivo alimentar enriquecendo massas e bebidas, porém seu potencial de utilização como ingrediente para a indústria de alimentos necessita de mais estudos, a fim explorar melhor essa temática.

Com isso, esses estudos futuros deverão ser realizados também para avaliar a aceitabilidade de diferentes produtos alimentícios com brotos adicionados durante seu preparo, bem como seu impacto na sua vida útil e minimizar a perda nutricional que pode haver dos brotos durante a produção dos alimentos.

Referências

- Abellán, Á., Domínguez-Perles, R., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2019). Sorting out the Value of Cruciferous Sprouts as Sources of Bioactive Compounds for Nutrition and Health. *Nutrients*, 11(2), 429. [10.3390/nu11020429](https://doi.org/10.3390/nu11020429)
- Aguilera, Y., Díaz, M. F., Jiménez, T., Benítez, V., Herrera, T. & Martín-Cabrejas, M. A. (2013). Changes in nonnutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(34), 8120-8125. [10.1021/jf4022652](https://doi.org/10.1021/jf4022652)
- Aguilera, Y., Rebollo-Hernanz, M., Herrera, T., Cayuelas, L. T., Rodríguez-Rodríguez, P. & Martín-Cabrejas, M. A. (2016). Intake of bean sprouts influences melatonin and antioxidant capacity biomarker levels in rats. *Food Functions*, 7(3), 1438-1445. [10.1039/c5fo01538c](https://doi.org/10.1039/c5fo01538c)
- Al-Qabba, M. M., El-Mowafy, M. A., Althwab, S. A., Alfheaid, H. A., Aljutaily, T., & Barakat, H. (2020). Phenolic Profile, Antioxidant Activity, and Ameliorating Efficacy of Chenopodium quinoa Sprouts against CCl4-Induced Oxidative Stress in Rats. *Nutrients*, 12(10), 2904. [doi:10.3390/nu12102904](https://doi.org/10.3390/nu12102904)

- Ampofo, J., Ngadi, M., & Ramaswamy, H. S. (2020). The Impact of Temperature Treatments on Elicitation of the Phenylpropanoid Pathway, Phenolic Accumulations and Antioxidative Capacities of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Sprouts. *Food and Bioprocess Technology*, 13(9), 1544-1555. 10.1007/s11947-020-02496-9
- Ampofo, J. O., & Ngadi, M. (2020). Ultrasonic assisted phenolic elicitation and antioxidant potential of common bean (*Phaseolus vulgaris*) sprouts. *Ultrasonics Sonochemistry*, 64, 104974. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.104974>
- Aphalo, P., Martínez, E. N., & Añón, M. C. (2015). Amaranth Sprouts: A Potential Health Promoting and Nutritive Natural Food. *International Journal of Food Properties*, 18(12), 2688-2698. 10.1080/10942912.2015.1004585
- Baenas, N., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2012). Selecting sprouts of brassicaceae for optimum phytochemical composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(45), 11409-11420. 10.1021/jf302863c
- Baenas, N., García-Viguera, C., & Moreno, D. A. (2014). Biotic Elicitors Effectively Increase the Glucosinolates Content in Brassicaceae Sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(8), 1881-1889. 10.1021/jf404876z
- Baenas, N., Gómez-Jodar, I., Moreno, D. A., García-Viguera, C., & Periago, P. M. (2017). Broccoli and radish sprouts are safe and rich in bioactive phytochemicals. *Postharvest Biology and Technology*, 127, 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.01.010>
- Baenas, N., Villaño, D., García-Viguera, C., & Moreno, D. A. (2016). Optimizing elicitation and seed priming to enrich broccoli and radish sprouts in glucosinolates. *Food Chemistry*, 204, 314-319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.144>
- Beaulieu, J. C., Reed, S. S., Obando-Ulloa, J. M., Boue, S. M., & Cole, M. R. (2020). Green Processing, Germinating and Wet Milling Brown Rice (*Oryza sativa*) for Beverages: Physicochemical Effects. *Foods*, 9(8), 1016. doi:10.3390/foods9081016
- Bell, L., Lignou, S., & Wagstaff, C. (2020). High Glucosinolate Content in Rocket Leaves (*Diplotaxis tenuifolia* and *Eruca sativa*) after Multiple Harvests Is Associated with Increased Bitterness, Pungency, and Reduced Consumer Liking. *Foods*, 9(12), 1799. doi:10.3390/foods9121799
- Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F., & Galieni, A. (2019). Sprouted Grains: A Comprehensive Review. *Nutrients*, 11(2), 421. doi:10.3390/nu11020421
- Bentsink, L., & Koornneef, M. (2008). Seed dormancy and germination. *The arabidopsis book*, 6, e0119-e0119. 10.1199/tab.0119
- Bochnak-Niedźwiecka, J., Szymanowska, U., & Świeca, M. (2020). Studies on the development of vegetable-based powdered beverages – Effect of the composition and dispersing temperature on potential bioaccessibility of main low-molecular antioxidants and antioxidant properties. *LWT*, 131, 109822. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109822>
- Butkutė, B., Taujenis, L., & Norkevičienė, E. (2018). Small-Seeded Legumes as a Novel Food Source. Variation of Nutritional, Mineral and Phytochemical Profiles in the Chain: Raw Seeds-Sprouted Seeds-Microgreens. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(1), 133. 10.3390/molecules24010133
- Cevallos-Casals, B. A., & Cisneros-Zevallos, L. (2010). Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chemistry*, 119(4), 1485-1490. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.030>
- CIDRAP. (2005). Center for Infectious Disease Research and Policy. Sprouts blamed in big Ontario Salmonella outbreak. Retirado 20 Mar, 2021, de: <https://www.cidrap.umn.edu/news-perspective/2005/12/sprouts-blamed-big-ontario-salmonella-outbreak>
- Ciska, E., Drabińska, N., Honke, J., & Narwojsz, A. (2015). Boiled Brussels sprouts: A rich source of glucosinolates and the corresponding nitriles. *Journal of Functional Foods*, 19, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.008>
- Ciska, E., Honke, J., & Kozłowska, H. (2008). Effect of Light Conditions on the Contents of Glucosinolates in Germinating Seeds of White Mustard, Red Radish, White Radish, and Rapeseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 9087-9093. 10.1021/jf801206g
- Coello, K. E., Frias, J., Martínez-Villaluenga, C., Cartea, M. E., Abilleira, R., & Peñas, E. (2020). Potential of Germination in Selected Conditions to Improve the Nutritional and Bioactive Properties of Moringa (*Moringa oleifera* L.). *Foods*, 9(11), 1639. doi:10.3390/foods9111639
- Comas-Basté, O., Latorre-Moratalla, M. L., Rabell-González, J., Veciana-Nogués, M. T., & Vidal-Carou, M. C. (2020). Lyophilised legume sprouts as a functional ingredient for diamine oxidase enzyme supplementation in histamine intolerance. *LWT*, 125, 109201. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109201>
- Costa, A. S. (2012). *Síndrome de Münchhausen por procuração: uma revisão integrativa* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. Retirado Nov 16, 2022 de: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55277/000856921.pdf?sequence=1>
- Czarniecka-Skubina, E. (2002). Effect of the material form, storage and cooking methods on the quality of brussels sprouts. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 52(3), 75-82. Retirado de: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.agro-3e569f84-0187-43fd-86dd-1a5e2829a398>
- Ding, H., Fu, T. J., & Smith, M. A. (2013). Microbial contamination in sprouts: How effective is seed disinfection treatment? *Journal of Food Science*, 0(0), 1-7. 10.1111/1750-3841.12064
- Dosz, E. B., Ku, K.-M., Juvik, J. A., & Jeffery, E. H. (2014). Total Myrosinase Activity Estimates in Brassica Vegetable Produce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(32), 8094-8100. 10.1021/jf501692c
- Drozdowska, M., Leszczyńska, T., Koronowicz, A., Piasna-Słupecka, E., Domagala, D., & Kusznerewicz, B. (2020). Young shoots of red cabbage are a better source of selected nutrients and glucosinolates in comparison to the vegetable at full maturity. *European Food Research and Technology*, 246(12), 2505-2515. 10.1007/s00217-020-03593-x
- Fenwick, G. R., Heaney, R. K., Mullin, W. J., & VanEtten, C. H. (1983). Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 18(2), 123-201. 10.1080/10408398209527361

- Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W. ... Obal, I. (2017). Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. *Industrial Crops and Products*, 107, 558-564. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.035>
- Fusani, P., Piwowski, J. P., Zidorn, C., Kiss, A. K., Scartezini, F., & Granica, S. (2016). Seasonal variation in secondary metabolites of edible shoots of Buck's beard [*Aruncus dioicus* (Walter) Fernald (Rosaceae)]. *Food Chemistry*, 202, 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.103>
- Galanakis, C. M. (2020a). The Food Systems in the Era of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic Crisis. *Foods*, 9(4), 523. doi:10.3390/foods9040523
- Galanakis, C. M., Aldawoud, T. M. S., Rizou, M., Rowan, N. J., & Ibrahim, S. A. (2020b). Food Ingredients and Active Compounds against the Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic: A Comprehensive Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(11), 1701. 10.3390/foods9111701
- Gan, R.-Y., Lui, W.-Y., Wu, K., Chan, C.-L., & Corke, H. (2017a). Hot Air Drying Induces Browning and Enhances Phenolic Content and Antioxidant Capacity in Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Sprouts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12846. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12846>
- Gan, R.-Y., Lui, W.-Y., Wu, K., Chan, C.-L., Dai, S.-H. doi: Harold, C. (2017b). Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.010>
- Glibowski, P. (2009). Rheological properties and structure of inulin-whey protein gels. *International Dairy Journal*, 19(8), 443-449. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.03.011>
- Guo, R., Hou, Q., Yuan, G., Zhao, Y., & Wang, Q. (2014). Effect of 2, 4-epibrassinolide on main health-promoting compounds in broccoli sprouts. *LWT - Food Science and Technology*, 58(1), 287-292. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.047>
- Hanschen, F. S., Platz, S., Mewis, I., Schreiner, M., Rohn, S., & Kroh, L. W. (2012). Thermally Induced Degradation of Sulfur-Containing Aliphatic Glucosinolates in Broccoli Sprouts (*Brassica oleracea* var. *italica*) and Model Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(9), 2231-2241. 10.1021/jf204830p
- Harris, L. J., Farber, J. N., Beuchat, L. R., Parish, M. E., Suslow, T. V. & Busta, F. F. (2003). Outbreaks Associated with Fresh Produce: Incidence, Growth, and Survival of Pathogens in Fresh and Fresh-Cut Produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(s1), 78-141. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00031.x>
- Hassan, S., Ahmad, N., Ahmad, T., Imran, M., Xu, C., & Khan, M. K. (2019). Microwave processing impact on the phytochemicals of sorghum seeds as food ingredient. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(5), e13924. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13924>
- Hassini, I., Baenas, N., Moreno, D. A., Carvajal, M., Boughanmi, N., & Martinez Ballesta, M. D. C. (2017). Effects of seed priming, salinity and methyl jasmonate treatment on bioactive composition of *Brassica oleracea* var. *capitata* (white and red varieties) sprouts. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 97(8), 2291-2299. 10.1002/jsfa.8037
- Kim, S.-J., Zaidul, I. S. M., Maeda, T., Suzuki, T., Hashimoto, N., Takigawa, S. & Yamauchi, H. (2007). A time-course study of flavonoids in the sprouts of tartary (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) buckwheats. *Scientia Horticulturae*, 115(1), 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.07.018>
- Kim, S.-J., Zaidul, I. S. M., Suzuki, T., Mukasa, Y., Hashimoto, N., Takigawa, S., Noda, T., Matsuura- Endo, C., & Yamauchi, H. (2008). Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts. *Food Chemistry*, 110(4), 814-820. 10.1016/j.foodchem.2008.02.050
- Koodkaew, I. (2019). NaCl and glucose improve health-promoting properties in mung bean sprouts. *Scientia Horticulturae*, 247, 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.022>
- Ku, K. M., Jeffery, E. H., & Juvik, J. A. (2014). Optimization of methyl jasmonate application to broccoli florets to enhance health-promoting phytochemical content. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 94(10), 2090-2096. 10.1002/jsfa.6529
- Kuabara, C. T. M., Sales, P. R. S., Marin, M. J. S., & Tonhon, S. F. R. (2014). Integração ensino e serviços de saúde: uma revisão integrativa da literatura. *Revista Mineira de Enfermagem*, 18(1), 195-201. 10.5935/1415-2762.20140015
- Kumar, S., & Gautam, S. (2019). A combination process to ensure microbiological safety, extend storage life and reduce anti-nutritional factors in legume sprouts. *Food Bioscience*, 27, 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.11.005>
- Le, T. N., Chiu, C.-H., & Hsieh, P.-C. (2020). Bioactive Compounds and Bioactivities of *Brassica oleracea* L. var. *italica* Sprouts and Microgreens: An Updated Overview from a Nutraceutical Perspective. *Plants*, 9(8), 946. 10.3390/plants9080946
- Lee, Y.-K., Mijan, M. A., Ganesan, P., Yoo, S.-H., & Kwak, H.-S. (2013). The physicochemical properties of yoghurt supplemented with microencapsulated peanut sprout extract, a possible functional ingredient. *International Journal of Dairy Technology*, 66, 417-423. 10.1111/1471-0307.12047
- Li, Z., Yu, J., Peng, Y., & Huang, B. (2016). Metabolic pathways regulated by γ -aminobutyric acid (GABA) contributing to heat tolerance in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Scientific Reports*, 6, 30338. 10.1038/srep30338
- Liu, B., Guo, X., Zhu, K., & Liu, Y. (2011). Nutritional evaluation and antioxidant activity of sesame sprouts. *Food Chemistry*, 129(3), 799-803. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.024>
- Liu, H. K., Kang, Y. F., Zhao, X. Y., Liu, Y. P., Zhang, X. W., & Zhang, S. (2019). Effects of elicitation on bioactive compounds and biological activities of sprouts. *Journal of Functional Foods*, 53, 136-145. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.019>
- Liu, H. K., Chen, Y. Y., Hu, T. T., Zhang, S., Zhang, Y. H. & Kang, Y. F. (2016). The influence of light-emitting diodes on the phenolic compounds and antioxidant activities in pea sprouts. *Journal of Functional Foods*, 25, 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.028>
- Loures, N. T. P., Nóbrega, L. H. P., & Coelho, S. R. M. (2009). Análise físico-química, microbiológica e sensorial de brotos de lentilha da variedade PRECOZ. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 31(4), 599-606. 10.4025/actasciagron.v31i4.317

- Maia, Y.L., Correia, M. L. S., & Melo, F. L. D. (2020). Saúde e sustentabilidade em grãos: germinados, brotos e microgreens. *Revista Referências em Saúde da Faculdade Estácio de Sá Goáís*, 3(2), 147-157. ISSN online: 2596-3457. <http://periodicos.estacio.br/index.php/trsfesgo/article/viewFile/9200/47967430>
- Machado-Moreira, B., Richards, K., Brennan, F., Abram, F., & Burgess, C. M. (2019). Microbial Contamination of Fresh Produce: What, Where, and How? *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), 1727-1750. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12487>
- Machado, A. L. L., Barcelos, M. F. P., Teixeira, A. H. R., & Nogueira, D. A. (2009). Avaliação de componentes químicos em brotos de *Fabaceae* para o consumo humano. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(4), 1071-1078. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400018>
- Martins, D., Barros, L., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2011). Nutritional and *in vitro* antioxidant properties of edible wild greens in Iberian Peninsula traditional diet. *Food Chemistry*, 125(2), 488-494. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.038>
- Mendes, K. D. S., Campos, R. C. P. S., Galvão, C. M. (2008). Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, 17(4) 758-764. <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>
- Merendino, N., Molinari, R., Costantini, L., Mazzucato, A., Pucci, A., Bonafaccia, F. ... Bonafaccia, G. (2014). A new "functional" pasta containing tartary buckwheat sprouts as an ingredient improves the oxidative status and normalizes some blood pressure parameters in spontaneously hypertensive rats. *Food & Function*, 5(5), 1017-1026. [10.1039/c3fo60683j](https://doi.org/10.1039/c3fo60683j)
- Millan-Sango, D., Sammut, E., Van, J. F. I., & Valdramidis, V. P. (2017). Decontamination of alfalfa and mung bean sprouts by ultrasound and aqueous chlorine dioxide. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.015>
- Miyahira, R. F., Lopes, J. O., & Antunes, A. E. C. (2021). The Use of Sprouts to Improve the Nutritional Value of Food Products: A Brief Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(2) 143-152. [10.1007/s11130-021-00888-6](https://doi.org/10.1007/s11130-021-00888-6)
- Mukhopadhyay, S., & Ukuku, D. O. (2018). The role of emerging technologies to ensure the microbial safety of fresh produce, milk and eggs. *Current Opinion in Food Science*, 19, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.013>
- Nicola, G. R., Bagatta, M., Pagnotta, E., Angelino, D., Gennari, L., Ninfali, P. & Iori, R. (2013). Comparison of bioactive phytochemical content and release of isothiocyanates in selected brassica sprouts. *Food Chemistry*, 141(1), 297-303. [10.1016/j.foodchem.2013.02.102](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.102)
- Oh, M.-M., & Rajashekar, C. B. (2009). Antioxidant content of edible sprouts: effects of environmental shocks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(13), 2221-2227. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3711>
- Oh, S.-H., Soh, J.-R., & Cha, Y.-S. (2003). Germinated brown rice extract shows a nutraceutical effect in the recovery of chronic alcohol-related symptoms. *J Med Food*, 6(2), 115-121. [10.1089/10966200322233512](https://doi.org/10.1089/10966200322233512)
- Olivera, D. F., Viña, S. Z., Marani, C. M., Ferreyra, R. M., Mugridge, A., Chaves, A. R., & Mascheroni, R. H. (2008). Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. *gemmifera* DC) after frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 84(1), 148-155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.05.005>
- Pająk, P., Socha, R., Galkowska, D., Rożnowski, J., & Fortuna, T. (2014). Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chemistry*, 143, 300-306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.064>
- Park, S.-A., Grusak, M. A., & Oh, M.-M. (2014). Concentrations of minerals and phenolic compounds in three edible sprout species treated with iron-chelates during imbibition. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55(6), 471-478. [10.1007/s13580-014-0075-9](https://doi.org/10.1007/s13580-014-0075-9)
- Pasko, P., Gdula-Argasinska, J., Podporska-Carroll, J., Quilty, B., Wietecha-Posluszny, R. ... Zagrodzki, P. (2015). Influence of selenium supplementation on fatty acids profile and biological activity of four edible amaranth sprouts as new kind of functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 4724-4736. [10.1007/s13197-014-1602-5](https://doi.org/10.1007/s13197-014-1602-5)
- Peñas, E., & Martínez-Villaluenga, C. (2020). Advances in Production, Properties and Applications of Sprouted Seeds. *Foods*, 9(6), 790. [doi:10.3390/foods9060790](https://doi.org/10.3390/foods9060790)
- Pérez-Balibrea, S., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2011a). Genotypic effects on the phytochemical quality of seeds and sprouts from commercial broccoli cultivars. *Food Chemistry*, 125(2), 348-354. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.004>
- Pérez-Balibrea, S., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2011b). Improving the phytochemical composition of broccoli sprouts by elicitation. *Food Chemistry*, 129(1), 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.049>
- Ragusa, L., Picchi, V., Tribulato, A., Cavallaro, C., Lo Scalzo, R., & Branca, F. (2017). The effect of the germination temperature on the phytochemical content of broccoli and rocket sprouts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68(4), 411-420. [10.1080/09637486.2016.1248907](https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1248907)
- Pimentel, M. M. (2016). *A utilização das tecnologias não invasivas no cuidado em obstetrícia na atenção ao parto e nascimento: uma revisão integrativa*. (Monografia). Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil. <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/3551/TCC%20Mariana%20Machado%20Pimentel.pdf;jsessionid=80D6BA31552F6A9AA71DDFC50C38B510?sequence=1>
- Rasera, G. B., & Castro, R. J. S. de. (2020). Germinação de grãos: uma revisão sistemática de como os processos bioquímicos envolvidos afetam o conteúdo e o perfil de compostos fenólicos e suas propriedades antioxidantes. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 3(1), 287. [10.31415/bjns.v3i1.90](https://doi.org/10.31415/bjns.v3i1.90)
- Rebollo-Hernanz, M., Aguilera, Y., Herrera, T., Cayuelas, L. T., Dueñas, M., Rodríguez-Rodríguez, P. & Martín-Cabrejas, M. A. (2020). Bioavailability of Melatonin from Lentil Sprouts and Its Role in the Plasmatic Antioxidant Status in Rats. *Foods*, 9, 330. [10.3390/foods9030330](https://doi.org/10.3390/foods9030330)

- Reilly, K., Valverde, J., Finn, L., Rai, D. K., Brunton, N., Sorensen, J. C. & Gaffney, M. (2014). Potential of cultivar and crop management to affect phytochemical content in winter-grown sprouting broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). *Journal of Science of Food Agriculture*, 94(2), 322-330. 10.1002/jsfa.6263
- Russel, J., Manchester, L. C., & Tan, D.-X. (2005). Melatonin in walnuts: Influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood. *Nutrition*, 21(9), 920-924. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2005.02.005>
- Reitznerová, A., Šuleková, M., Nagy, J., Marcinčák, S., Semjon, B. & Klemková, T. (2017). Lipid Peroxidation Process in Meat and Meat Products: A Comparison Study of Malondialdehyde Determination between Modified 2-Thiobarbituric Acid Spectrophotometric Method and Reverse-Phase High-Performance Liquid Chromatography. *Molecules*, 22(11), 1988. 10.3390/molecules22111988
- Rico, D., Peñas, E., García, M. del C., Martínez-Villaluenga, C., Rai, D. K., Birsan, R. I. ... Martín-Diana, A. B. (2020). Sprouted Barley Flour as a Nutritious and Functional Ingredient. *Foods*, 9(3), 296. <https://doi.org/10.3390/foods9030296>
- Santos, C. S., Silva, B., Valente, L. M. P., Gruber, S., & Vasconcelos, M. W. (2020). The Effect of Sprouting in Lentil (*Lens culinaris*) Nutritional and Microbiological Profile. *Foods*, 9(4), 400. <https://doi.org/10.3390/foods9040400>
- Mafetoni, R. R., & Shimo, A. K. K. (2014). Métodos não farmacológicos para alívio da dor no trabalho de parto: revisão integrativa. *Revista Mineira de Enfermagem*, 18(2), 505-512. 10.5935/1415-2762.20140037
- Sharma, M., Mridula, D., & Gupta, R. K. (2014). Development of sprouted wheat based probiotic beverage. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3926-3933. 10.1007/s13197-013-0959-1
- Silva, B. N., Cadavez, V., Teixeira, J. A., & Gonzales-Barron, U. (2017). Meta-analysis of the incidence of foodborne pathogens in vegetables and fruits from retail establishments in Europe. *Current Opinion in Food Science*, 18, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.10.001>
- Šola, I., Vujčić, V. B., Pinterić, M., Auer, S., Ludwig-Müller, J., & Rusak, G. (2020). Improving the phytochemical profile and bioactivity of Chinese cabbage sprouts by interspecific transfer of metabolites. *Food Research International*, 137, 109726. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109726>
- Souza, M. T., Silva, M. D., & Carvalho, R. (2010). Integrative review: what is it? How to do it? *Eisnten*, 8(1) 102-106. <https://doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134>
- Sozbilen, G. S., & Yemencioğlu, A. (2020). Decontamination of seeds destined for edible sprout production from *Listeria* by using chitosan coating with synergetic lysozyme-nisin mixture. *Carbohydrate Polymers*, 235, 115968. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115968>
- Strassle, P. D., Gu, W., Bruce, B. B., & Gould, L. H. (2019). Sex and age distributions of persons in foodborne disease outbreaks and associations with food categories. *Epidemiology and Infection*, 147, e200. 10.1017/S0950268818003126
- Studer, P., Heller, W. E., Hummerjohann, J., & Drissner, D. (2013). Evaluation of aerated steam treatment of alfalfa and mung bean seeds to eliminate high levels of *Escherichia coli* O157:H7 and O178:H12, *Salmonella enterica*, and *Listeria monocytogenes*. *Applied and environmental microbiology*, 79(15), 4613-4619. 10.1128/AEM.00443-13
- Sun, W.-X., Zhang, R.-J., Fan, J., He, Y., & Mao, X.-H. (2018). Comprehensive transformative profiling of nutritional and functional constituents during germination of soybean sprouts. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 1295-1302. 10.1007/s11694-018-9743-2
- Surya, E., Fitriani, Ridhwan, M., Armi, Jailani, Rasool, A. ... & Zulfajri, M. (2020). The utilization of peanut sprout extract as a green nitrogen source for the physicochemical and organoleptic properties of Nata de coco. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101781. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101781>
- Troszyńska, A., Estrella, I., Lamparski, G., Hernández, T., Amarowicz, R., & Pegg, R. B. (2011). Relationship between the sensory quality of lentil (*Lens culinaris*) sprouts and their phenolic constituents. *Food Research International*, 44(10), 3195-3201. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.007>
- Trzaskowska, M., Dai, Y., Delaquis, P., & Wang, S. (2018). Pathogen reduction on mung bean reduction of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* on mung bean using combined thermal and chemical treatments with acetic acid and hydrogen peroxide. *Food Microbiology*, 76, 62-68. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.04.008>
- Turner, E. R., Luo, Y., & Buchanan, R. L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of Food Science*, 85(4), 870-882. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15049>
- Vaknin, Y., Hadas, R., Schafferman, D., Murkhovsky, L., & Bashan, N. (2008). The potential of milk thistle (*Silybum marianum* L.), an Israeli native, as a source of edible sprouts rich in antioxidants. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(4), 339-346. 10.1080/09637480701554095
- Vann, K., Techaparin, A., & Apiraksakorn, J. (2020). Beans germination as a potential tool for GABA-enriched tofu production. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11), 3947-3954. 10.1007/s13197-020-04423-4
- Wang, J., Ma, H., & Wang, S. (2019). Application of Ultrasound, Microwaves, and Magnetic Fields Techniques in the Germination of Cereals. *Food Science and Technology Research*, 25(4), 489-497. 10.3136/fstr.25.489
- Wang, Z., Kwan, M. L., Pratt, R., Roh, J. M., Kushi, L. H., Danforth, K. N., & Tang, L. (2020). Effects of cooking methods on total isothiocyanate yield from cruciferous vegetables. *Food Science & Nutrition*, 8(10), 5673-5682. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1836>
- Whittemore, R., & Knafl K. (2005). The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52 (2) 546-553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>
- Wojdyło, A., Nowicka, P., Tkacz, K., & Turkiewicz, I. P. (2020). Sprouts vs. Microgreens as Novel Functional Foods: Variation of Nutritional and Phytochemical Profiles and Their In vitro Bioactive Properties. *Molecules*, 25(20), 4648. <https://doi.org/10.3390/molecules25204648>

- Wu, F., Yang, N., Touré, A., Jin, Z., & Xu, X. (2013). Germinated Brown Rice and Its Role in Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 451-463. [10.1080/10408398.2010.542259](https://doi.org/10.1080/10408398.2010.542259)
- Wu, X., Zhou, Q.-H., & Xu, K. (2009). Are isothiocyanates potential anti-cancer drugs? *Acta pharmacologica Sinica*, 30(5), 501-512. [10.1038/aps.2009.50](https://doi.org/10.1038/aps.2009.50)
- Xiang, Q., Liu, X., Liu, S., Ma, Y., Xu, C. & Bai, Y. (2019). Effect of plasma-activated water on microbial quality and physicochemical characteristics of mung bean sprouts. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.012>
- Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(31), 7644-7651. [10.1021/jf300459b](https://doi.org/10.1021/jf300459b)
- Xu, M.-J., Dong, J.-F., & Zhu, M.-Y. (2005). Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(6), 943-947. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2050>
- Zagrodzki, P., Paško, P., Galanty, A., Tyszka-Czochara, M., Wietecha-Posłuszny, R., Rubió, P. S. & Gorinstein, S. (2020). Does selenium fortification of kale and kohlrabi sprouts change significantly their biochemical and cytotoxic properties? *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 59, 126466. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126466>
- Zhang, C., Cao, W., Hung, Y.-C., & Li, B. (2016). Application of electrolyzed oxidizing water in production of radish sprouts to reduce natural microbiota. *Food Control*, 67, 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.045>
- Zhang, C., Zhang, Y., Zhao, Z., Liu, W., Chen, Y. & Cao, Y. (2019). The application of slightly acidic electrolyzed water in pea sprout production to ensure food safety, biological and nutritional quality of the sprout. *Food Control*, 104, 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.029>
- Zhu, Y., Wang, F., & Guo, L. (2019). Effect of jasmonic acid on glucosinolate metabolism in different organs of broccoli sprouts. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(2), 81-87. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i2.1908>
- Zieliński, H., Frias, J., Piskula, M. K., Kozłowska, H., & Vidal-Valverde, C. (2005). Vitamin B1 and B2, dietary fiber and minerals content of Cruciferae sprouts. *European Food Research and Technology*, 221(1), 78-83. [10.1007/s00217-004-1119-7](https://doi.org/10.1007/s00217-004-1119-7)